

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Estudio y diseño del sistema hidráulico multipropósito para la Estación Agropecuaria UTPL

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORES:

León Rosales, Alexander Mauricio

Quezada Costa, Michelle Nathaly

DIRECTOR: Benavides Muñoz, Holger Manuel, Ph.D

LOJA – ECUADOR

2018



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es

2018

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Doctor.

Holger Manuel Benavides Muñoz

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **Estudio y diseño del sistema hidráulico multipropósito para la Estación Agropecuaria UTPL**, realizado por **León Rosales Alexander Mauricio** y **Quezada Costa Michelle Nathaly**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, febrero 2018.

f) ……..

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Nosotros, **León Rosales Alexander Mauricio** y **Quezada Costa Michelle Nathaly** declaramos ser autores del presente trabajo de titulación: Estudio y diseño del sistema hidráulico multipropósito para la Estación Agropecuaria UTPL, de la Titulación de Ingeniería Civil, siendo el Ph.D. Holger Manuel Benavides Muñoz director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f) ……
Autor: León Rosales Alexander Mauricio
Cédula: 1105883464

f) ……..
Autor: Quezada Costa Michelle Nathaly
Cédula: 1103677454

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de fin de titulación principalmente a Dios por ser la base fundamental de toda mi vida.

A mí madre Ivonne, por esas enseñanzas a lo largo de mi vida y sobre todo por esas muestras de amor inmensas, que me mueve día tras día.

A mí padre Freddy Germán por todo su amor y que sin duda alguna estará muy feliz desde el cielo viéndome culminar con mi carrera universitaria.

A mis hermanos Freddy y Diana por estar siempre conmigo y darme ese apoyo incondicional en todo momento.

A mi sobrino Alejandrito y a mi novia Michelle por ser mi fuente inspiración.

A toda mi familia y amigos por su apoyo y consejos.

Con amor, Alex.

DEDICATORIA

Principalmente a Dios porque es el eje fundamental de mi vida para escalar cada peldaño en ella.

A mi madre, Lelys Narcisa Costa Guamán, que siempre me ha acompañado a lo largo de mi vida, brindándome el apoyo necesario para continuar; por haber sabido afrontar cada una de las batallas que la vida le dio, siendo siempre madre ante de todo, incluso poniendo nuestro bienestar por encima del suyo; por luchar en los días más oscuros, pero siempre sacándonos adelante con su esfuerzo, sacrificio, pero sobre todo con amor; por todo ello este trabajo es para ella con todo mi cariño y admiración.

A mi padre, Félix Antonio Quezada Cabrera (+), a quien siempre llevo presente en mi mente y en mi corazón, en quien confío plenamente que me cuida y protege desde su lugar celestial al igual que lo hacía de manera terrenal.

A mi tío y padrino Medardo Costa, por siempre creer y confiar en mí, por estar al pendiente de mi bienestar en todo momento, porque a pesar de la distancia el cariño persiste y lo más importante por ser el pilar fundamental de mi formación, sin su gran ayuda seguramente hoy no estaría culminando esta meta, por todo ello mi eterna gratitud.

A Alexander León, quien no solo es mi compañero de tesis sino también mi enamorado, por estar a mi lado en los buenos momentos y ayudarme a vencer los malos, brindándome siempre su apoyo y amor incondicional, a quien admiro la valentía que tiene de enfrentar cada reto con la seguridad de salir vencedor.

A mi pequeña Arianna Sofía, a quien la vida me presentó en el camino de la manera más inesperada pero así mismo quien se ha convertido en mi motor y fuente de inspiración para seguir adelante y convertirme cada día en una mejor persona.

Con amor, Michelle.

AGRADECIMIENTO

A Dios por saber guiarme y protegerme día tras día y sobretodo darme esa fuerza necesaria para cumplir todos mis proyectos de vida

A la Universidad Técnica Particular de Loja por haberme brindado una formación académica de calidad gracias a sus grandes profesionales e instalaciones adecuadas que me sirvieron a lo largo de mi carrera universitaria.

Al director de tesis PhD. Holger Benavides por ser el guía de este trabajo, por todo el valioso conocimiento aportado y principalmente por aquellos mensajes de motivación que son el eje primordial para mi superación académica.

A mis padres por todo el amor, apoyo y esfuerzo que día tras día me regalaron para lograr ser un ingeniero civil.

A mi novia y compañera de tesis Michelle por todo el gran amor y paciencia que me ha sabido dedicar a lo largo de estos años, además por siempre estar ahí dándome ese empujón para superarme día tras día.

A mi familia y amigos gracias por todo su apoyo y buenos deseos para culminar con este trabajo final.

Alexander Mauricio León Rosales.

A Dios por brindarme la sabiduría y paciencia necesaria para seguir adelante afrontando y resolviendo de la mejor manera cada adversidad que se presentó a lo largo de mi camino.

A nuestro director de tesis, PhD. Holger Benavides, por cada uno de los consejos y conocimientos brindados para poder llevar a cabo el presente proyecto.

A la Ing. Carmen Esparza, por su grata ayuda desinteresada cuando fue necesaria.

A mi compañero de tesis Alexander León, por toda su paciencia, apoyo y comprensión brindada a lo largo del desarrollo del proyecto.

A todos mis amigos y familiares que de alguna u otra forma fueron parte importante en el desarrollo de este proyecto.

Michelle Nathaly Quezada Costa.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....iii
DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTO vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....vii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS..... xi
NOMENCLATURA.....xii
RESUMEN..... 1
ABSTRACT 2
INTRODUCCIÓN..... 3
CAPÍTULO I..... 5
GENERALIDADES 5
1.1. Hipótesis..... 6
1.2. Objetivos del proyecto 6
1.2.1. Objetivo general. 6
1.2.2. Objetivos específicos. 6
1.3. Justificación 6
1.4. Delimitación del proyecto..... 6
1.5. Metodología..... 7
1.6. Ubicación y descripción de la zona de estudio..... 8
1.6.1. Ubicación. 8
1.6.2. Descripción de la zona de estudio. 9
1.6.2.1. Climatología. 9
1.6.2.2. Topografía. 9
1.6.2.3. Vegetación. 10
CAPÍTULO II..... 11
MARCO TEÓRICO 11
2.1. Sistema hidráulico multipropósito 12
2.1.1. Sistema de abastecimiento convencional. 12
2.1.2. Sistema de hidro-aprovechamiento energético (mini central hidroeléctrica).... 12
2.2. Componentes del sistema hidráulico multipropósito 12
2.2.1. Captación. 12
2.2.1.1. Captación de fondo. 12
2.2.1.2. Captación de fondo tipo escalera..... 13

2.2.1.3. Captación tipo Coanda. 13
2.2.2. Desarenador. 14
2.2.3. Conducción. 14
2.2.3.1. Línea de gradiente hidráulica. 15
2.2.3.2. Pérdida de carga. 15
2.2.3.3. Golpe de ariete. 19
2.2.4. Tanque rompe presión. 19
2.2.4.1. Diseño hidráulico del tanque rompe presión. 20
2.2.4.2. Dimensionamiento de la canastilla de salida. 20
2.2.4.3. Tubería de rebose y limpieza. 21
2.2.5. Cámara de carga. 21
2.2.6. Tubería forzada. 21
2.2.6.1. Espesor de la tubería. 21
2.2.6.2. Tensiones. 21
2.2.7. Transformación de energía hidráulica. 22
2.2.7.1. Microturbinas TRD. 22
2.2.7.2. Turbina Pelton. 24
2.2.8. Puente canal. 25
2.2.9. Tanque de almacenamiento de concreto armado. 25
2.2.10. Planta compacta para tratamiento de agua potable. 26
2.2.11. Planta embotelladora. 26
CAPÍTULO III 27
ESTUDIOS Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL PROYECTO MULTIPROPÓSITO 27
3.1. Estudio topográfico 28
3.2. Estudio hidrológico 28
3.3. Estudio de calidad de agua 28
3.4. Estudio de suelos 31
3.4.1. Obtención de muestras. 31
3.4.2. Ensayos de laboratorio. 31
3.4.2.1. Contenido de humedad. 32
3.4.2.2. Granulometría. 32
3.4.2.3. Límites de Atterberg. 32
3.4.2.4. Compresión triaxial. 32
3.5. Diseño de las estructuras hidráulicas 33
3.5.1. Captación de fondo tipo escalera. 33
3.5.2. Captación tipo Coanda. 33
3.5.3. Desarenador. 33

3.5.4. Conducción. 33
3.5.5. Tanque rompe presión. 34
3.5.6. Cámara de carga. 34
3.5.7. Tubería forzada. 34
3.5.8. Microturbinas TRD. 34
3.5.9. Turbina Pelton. 34
3.5.10. Puente canal. 34
3.5.11. Tanque de almacenamiento. 35
3.5.12. Planta compacta de tratamiento de agua potable. 35
3.5.13. Planta embotelladora. 35
CAPÍTULO IV 36
RESULTADOS 36
4.1. Estudio topográfico 37
4.2. Estudio hidrológico 37
4.3. Estudio de calidad de agua. 38
4.4. Estudio de suelos 39
4.5. Diseño de las estructuras hidráulicas 40
4.5.1. Captación de fondo tipo escalera. 40
4.5.2. Captación tipo Coanda. 40
4.5.3. Desarenador. 40
4.5.4. Conducción. 40
4.5.5. Tanque rompe presión. 41
4.5.6. Cámara de carga. 41
4.5.7. Tubería forzada. 41
4.5.8. Microturbinas TRD. 41
4.5.9. Turbina Pelton. 41
4.5.10. Puente canal. 41
4.5.11. Tanque de almacenamiento. 42
4.5.12. Planta compacta de tratamiento de agua potable. 42
4.5.13. Planta embotelladora. 42
CONCLUSIONES 43
RECOMENDACIONES 44
BIBLIOGRAFÍA 45
ANEXOS 52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores del coeficiente de rugosidad absoluta “ε” para distintos materiales. 17
Tabla 2. Coeficientes de Chow para la fórmula de Hazen-Williams. 18
Tabla 3. Coeficientes de rugosidad "n" de Manning. 18
Tabla 4. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico. 28
Tabla 5. Criterios de calidad de agua para uso agrícola en riego. 29
Tabla 6. Criterios de calidad del agua purificada envasada. 30
Tabla 7. Obtención de muestras de suelos. 31
Tabla 8. Equipos utilizados para la obtención de muestras. 31
Tabla 9. Materiales y equipos utilizados en los ensayos de laboratorio. 31
Tabla 10. Parámetros geomorfológicos de la micro cuenca hidrográfica. 37
Tabla 11. Caudales de máxima crecida. 38
Tabla 12. Resumen de los resultados del estudio de calidad de agua. 38
Tabla 13. Clasificación de suelos. 39
Tabla 14. Resultados del análisis financiero. 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio sobre imagen satelital. 8
Figura 2. Fotografía aérea de la zona de estudio, Estación Agropecuaria UTPL. 8
Figura 3. Fotografía de la alcantarilla que desahoga en la Estación Agropecuaria UTPL. 9
Figura 4. Fotografía de la vegetación de la Estación Agropecuaria UTPL. 10
Figura 5. Esquema de la captación de fondo. 12
Figura 6. Esquema de las características y disposición típica de una estructura de pantalla con efecto Coanda. 13
Figura 7. Esquema del detalle de los barrotes de la malla. 14
Figura 8. Esquema del tanque rompe presión. 20
Figura 9. Esquema de la canastilla de salida. 20
Figura 10. Fotografía de la microturbina TRD. 23
Figura 11. Fotografía del cargador inteligente de la microturbina. 23
Figura 12. Fotografía de la ectroválvula. 24
Figura 13. Representación gráfica del rendimiento de la Microturbina TRD. 24
Figura 14. Esquema del rodete de la turbina Pelton (A) y vista en planta con 6 inyectores (B). 25

NOMENCLATURA

a – celeridad, m/s.

a_c – ancho máximo de la cuenca, m.

A – área de la cuenca hidrográfica, Km^2.

A_{bc} – área bajo el perfil, m^2.

A_c – área de la tubería de la línea de conducción, m^2.

A_i – área del intervalo altitudinal considerado, Km^2.

Ar – área de cada ranura, m^2.

At – área total de ranuras, m^2.

A_T – área de la tubería de salida, m^2.

B.L – borde libre, m.

D_c – diámetro de salida de la canastilla a la conducción, m.

$D_{canastilla}$ – diámetro de la canastilla, m.

C_H – coeficiente de Chow para la fórmula de Hazen-Williams.

C – Coeficiente de escorrentía.

C_c – coeficiente de contracción.

Cd – coeficiente de descarga en función de θ.

CN – número de la curva.

C_o – coeficiente de simetría.

C_s – coeficiente de oblicuidad.

C_t – coeficiente de retardo de Snyder.

Cv – coeficiente de variación.

d_e – duración efectiva, horas.

D – diámetro interno de la tubería, m.

D_c – desnivel entre curvas, m.

D_d – densidad de drenaje, Km/Km^2.

D_e – diámetro externo de la tubería, m.

D_i – distancia a la estación de influencia, m.

D_r – densidad de la red de cauces, $cauces/Km^2$.

D_s – desnivel específico, m.

e – espesor de la tubería, m.

e_s – espesor adicional por seguridad, m.

E – módulo de elasticidad del material, KN/cm^2.

E_t – módulo de Young de la tubería, N/m^2.

f – factor de fricción.

F – peso de la tubería y el agua, Tf/m.

g – aceleración de la gravedad, m/s^2.

h – altura mínima que permite la sedimentación, m.

h_{acc} – pérdida de energía por unidad de peso por accesorios, m.

h_f – pérdida de energía por unidad de peso por fricción, m.

hs – sobrepresión ejercida por el golpe de ariete, m.

h_v – carga sobre el vertedero, cm.

H – carga de agua, m.

Hc – caída bruta, m.

H_i – altitud media del intervalo altitudinal considerado, m.s.n.m.

H_m – elevación media de la cuenca, m.s.n.m.

H_{max} – cota máxima de la cuenca, m.s.n.m.

$H_{mín}$ – cota mínima de la cuenca, m.s.n.m.

Ht – altura total de la cámara rompe presión, m.

H_5 – cota al 5 % obtenidas a partir de la curva hipsométrica.

H_{95} – cota al 95 %, obtenidas a partir de la curva hipsométrica.

ΔH – pulso de sobrepresión de Joukowski, m.

I – Intensidad de la lluvia (mm/h)

I_a – índice de alargamiento de Horton.

I_g – índice de pendiente global, m/Km.

I_h – índice de homogeneidad.

J – gradiente hidráulico, m/m.

K_{acc} – coeficiente experimental que depende de las características del accesorio.

K – coeficiente de reducción de área efectiva.

K_c – índice de compacidad de Gravelius.

K_f – factor de forma de Horton.

K_u – eficiencia de las uniones.

L – longitud de la tubería en la cual se pierde energía, m.

L_a – longitud axial de la cuenca, m.

L_c – longitud total del cauce principal, m.

L_e – longitud equivalente de los accesorios, m.

L_g – distancia entre la desembocadura y el centro de gravedad de la cuenca, Km.

L_i – longitud total de la curva de la cota media de la faja, Km.

L_r – largo de la rejilla, se recomienda que no sea mayor de 1.25 m.

LM – Lado mayor del rectángulo equivalente, m.

Lm – Lado menor del rectángulo equivalente, m.

Ls – distancia entre los apoyos, m.

ΣL – longitud total de los cauces, Km.

m – pendiente media del cauce principal, %.

m_o – número de orden.

$Mf_{máx}$ – momento flector máximo, Tf·m.

M_r – momento resistente, Tf·m.

n – coeficiente de Manning.

n_o – años del periodo.

N – Número de días de lluvia

N_c – número total de cauces, cauces.

P – perímetro de la cuenca, m.

Pe – precipitación efectiva, mm.

P_i – precipitación de la estación de influencia, mm.

P_{mx} – precipitación mensual generada en la micro-cuenca, mm.

Pr – probabilidad de ocurrencia, %.

Pt – precipitación total, mm.

Pv – punto pivote para determinar la pendiente del cauce principal.

q_f – caudal pico final, l/s.

q_p – caudal pico, l/s.

Q – caudal en m^3/s

$Q_{diseño}$ – caudal de diseño, l/s.

Q_m – caudal medio, l/s.

$Q_{máx}$, caudal máximo, l/s.

Q_R – caudal máximo de la fuente, l/s.

Q_T – caudal que circula por la tubería, m^3/s.

ΔQ – rango de confianza.

Re – número de Reynolds.

S – pendiente del cauce principal, m/m.

S_c – pendiente media de la cuenca, %.

SQ – desviación típica.

t – tiempo, horas.

t_b – tiempo base del hidrograma, horas.

t_c – tiempo de concentración, horas.

t_p – tiempo de retardo, horas.

t_r – duración de la lluvia unitaria, horas.

Tr – periodo de retorno, años.

Δt – variación de la temperatura, °C.

V – velocidad media del fluido en la tubería, m/s.

V_o – velocidad ponderada del flujo, m/s.

W – ancho medio de la cuenca, m.

Y – variable reducida.t – temperatura del agua, °C.

Z – factor de reducción pico

α – coeficiente de dilatación, $°C^{-1}$.

γ – peso específico del agua, Kgf/m^3.

γ_t – peso específico de la tubería, Kgf/m^3.

δ_j – tensión longitudinal debida a la inclinación de la pendiente del terreno, Kgf/cm^2.

δ_{ta} – tensión tangencial ejercida por el golpe de ariete, Kgf/cm^2.

δ_{te} – tensión longitudinal debida a la variación de temperatura, Kgf/cm^2.

δ_{tf} – tensión longitudinal debida al peso propio de la tubería y peso del agua, Kgf/cm^2.

δ_{tl} – tensión longitudinal debida a la presión hidrostática, Kgf/cm^2.

δ_R – tensión resultante, Kgf/cm^2.

ε – rugosidad uniforme equivalente, mm.

θ – ángulo de inclinación de los apoyos respecto a la horizontal, °.

μ – viscosidad cinemática, m^2/s.

σ_f – resistencia a la tracción, Kgf/cm^2.

RESUMEN

El presente trabajo de fin de titulación muestra todos los estudios y diseños necesarios para llevar a cabo un proyecto hidráulico multipropósito en la Estación Agropecuaria de la Universidad Técnica Particular de Loja con la finalidad de cumplir la demanda solicitada para riego, abrevadero y uso doméstico. Además, se aprovecha el desnivel geométrico de la zona junto al caudal para producir hidro-generación.

El estudio comprendió el reconocimiento del lugar, levantamiento topográfico y distribución de los elementos hidráulicos que constituyen el proyecto. Se planteó tres alternativas; la primera de ellas consta de una captación de fondo tipo escalera, desarenador, dos tanques rompe presión y un reservorio de 300 m^3; la segunda tiene una captación tipo Coanda, cámara de carga, microturbinas TRD, dos reservorios de 300 m^3 y 15 m^3 cada uno, una planta compacta potabilizadora de agua y una planta embotelladora; la última alternativa es muy similar a la segunda, con la diferencia de que en lugar de microturbinas TRD se tiene una turbina Pelton.

PALABRAS CLAVES: proyecto hidráulico multipropósito, riego, abrevadero, hidro-generación, elementos hidráulicos, Coanda, microturbinas TRD, turbina Pelton.

ABSTRACT

The present research shows all the studies and designs necessary to carry out a multipurpose hydraulic project in Agricultural Station of “Universidad Técnica Particular de Loja” in order to meet the demand for irrigation, drinking-trough and domestic use. In addition, the geometric slope of the area is used along with the flow to produce hydro-generation.

The study included the recognition of the place, topographic survey and distribution of the hydraulic elements that build the project. Three alternatives were proposed; the first of them consists of a bottom catchment type ladder, sand trap, two pressure rupture tanks and a reservoir of 300 m^3; the second one has a Coanda type catchment, cargo chamber, TRD microturbines, two reservoirs of 300 m^3 and 15 m^3 each, a compact water purification plant and a bottling plant; the last one is very similar to the second, with the only difference that instead of microturbines TRD, it has a Pelton turbine.

KEY WORDS: multipurpose hydraulic project, irrigation, trough, hydro-generation, hydraulic elements, Coanda, TRD microturbines, Pelton turbine.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de casi toda la historia de la humanidad el hombre ha utilizado las energías renovables, siendo luego de la revolución industrial cuando se inicia el consumo de la energía generada por los combustibles fósiles; pero, en los últimos 200 años ha aumentado visiblemente la producción de energía renovable disminuyendo así el consumo de energía producida por los combustibles fósiles (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2008).

La energía hidroeléctrica parte del siglo XIX con la construcción de las primeras plantas en los años ochenta; a mediados del siglo XX, ésta se incrementó con inversiones masivas y megaproyectos. En la actualidad existen casos como el de China que gracias a la producción hidroeléctrica genera el 20% de la capacidad de energía eléctrica mundial (Romero-Hernández & Wood, 2011; Sawin, 2016).

De acuerdo a las estadísticas de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad [ARCONEL] (2016) del valor total nominal de la generación eléctrica nacional el 49.72 % proviene de la energía hidroeléctrica, es decir, 13 096.27 GWh. Según el Consejo Nacional de Electricidad [CONELEC] (2013) se proyecta que para el año 2021 la generación hidroeléctrica alcance el 67 % de producción.

La Estación Agropecuaria de la Universidad Técnica Particular de Loja (EAUTPL), ubicada en el sector Cajanuma, cantón y provincia de Loja, requiere de los estudios para el abastecimiento de agua, debido a que en la actualidad cuenta con un sistema antitécnico, el mismo que por la falta de diseños adecuados no brinda un óptimo rendimiento. Además, conocida la fuente de agua disponible para tal propósito, se considera pertinente aprovechar su desnivel geométrico para implantar un sistema de hidro-generación.

Según lo mencionado en el párrafo anterior, surgen como hipótesis, que el caudal disponible en la zona de estudio abastece de manera factible al sistema de abastecimiento convencional de la Estación Agropecuaria UTPL; y que la misma presenta características favorables para el aprovechamiento hidro-energético mediante el uso de microturbinas hidráulicas tipo Pelton.

Siendo el objetivo general del proyecto: Diseñar un sistema hidráulico multipropósito para la Estación Agropecuaria UTPL mediante la aplicación de técnicas de eficiencia hidráulica y energética. Teniendo como objetivos específicos: Diseñar un sistema de abastecimiento de agua de tal manera que satisfaga la demanda espacio – temporal de forma efectiva, y Diseñar a nivel de factibilidad, un sistema de aprovechamiento energético mediante una mini central hidroeléctrica.

La metodología empleada en el desarrollo del proyecto inicia con la recopilación bibliográfica acerca del tema de estudio, seguido del levantamiento topográfico para obtener la geometría

del lugar y en ella implantar los elementos hidráulicos que conforman el sistema multipropósito. Luego se realizó el estudio hidrológico, de calidad de agua y de suelos con la finalidad de obtener todos los datos necesarios para el diseño de cada estructura. Finalmente, diseñadas las tres alternativas, se obtuvo el presupuesto de cada una de ellas.

El trabajo consta de cuatro capítulos a lo largo de su desarrollo, inicia con las generalidades del proyecto donde se describen todos los preliminares de la zona de estudio. El capítulo II consiste en el marco teórico concerniente al tema a desarrollar. El capítulo III contiene los estudios y diseños de los elementos del proyecto multipropósito, es decir, una breve explicación de cómo se efectuaron los estudios: topográfico, hidrológico, de calidad de agua y de suelos, y el diseño hidráulico y estructural de cada elemento. El capítulo IV muestra los resultados obtenidos de cada estudio y diseño realizado en el capítulo III.

A fin de lograr una sostenibilidad económica y ambiental, la tendencia mundial es aprovechar las fuentes renovables para la generación de electricidad (CONELEC, 2013). La planificación energética del país se basa en los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 (PNBV), en el cual se destaca el objetivo N°10 que consiste en impulsar la transformación de la matriz productiva (Organización Latinoamericana de Energía [OLADE], 2017). Es por ello, la importancia del proyecto multipropósito, debido a la energía renovable producida por la hidráulica con la finalidad de sustituir la energía no renovable producida por medio de combustibles fósiles.

Para el año 2030 la oferta energética se complementará con la implementación de pequeños proyectos de hidrogeneración en zonas cercanas a los consumidores, con la participación de los GAD, la comunidad y el sector privado. Estos generarán empleo local, optimizarán el uso de recursos naturales y disminuirán las pérdidas técnicas en la transmisión de electricidad (Consejo Nacional de Planificación, 2013).

CAPÍTULO I
GENERALIDADES

1.1. Hipótesis

En el presente proyecto se han planteado las siguientes hipótesis:

- El caudal disponible en la zona de estudio abastece de manera factible al sistema de abastecimiento convencional de la Estación Agropecuaria UTPL
- La Estación Agropecuaria UTPL presenta características favorables para el aprovechamiento hidro-energético mediante el uso de micro-turbinas hidráulicas tipo Pelton, que permitan el apropiado uso del flujo disponible.

1.2. Objetivos del proyecto

1.2.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema hidráulico multipropósito para la Estación Agropecuaria UTPL mediante la aplicación de técnicas de eficiencia hidráulica y energética.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Diseñar un sistema de abastecimiento de agua para la Estación Agropecuaria UTPL de tal manera que satisfaga la demanda espacio – temporal de forma efectiva.
- Diseñar a nivel de factibilidad, un sistema de aprovechamiento energético mediante una mini central hidroeléctrica para la Estación Agropecuaria UTPL.

1.3. Justificación

El 01 de octubre de 2015 la Universidad Técnica Particular de Loja transfiere a FEDES la Estación Agropecuaria UTPL, ubicada en el sector Cajanuma, cantón y provincia de Loja, la misma que tiene como objetivo implementar un centro de producción agropecuaria sustentable ambiental y económicamente que aporte con investigación, capacitación y conocimiento a la sociedad.

La Estación Agropecuaria UTPL requiere de los estudios para el abastecimiento de agua, debido a que actualmente cuenta con un sistema antitécnico, el mismo que por la falta de diseños adecuados no brinda un óptimo rendimiento.

Conocida la fuente de agua disponible para tal propósito, se considera pertinente aprovechar su ubicación geográfica para diseñar un sistema hidráulico que permita al mismo tiempo abastecer con líquido vital a la Estación Agropecuaria UTPL, tanto como aprovechar el desnivel geométrico para implantar un sistema de hidro-generación, así como estudiar la ubicación de los elementos de almacenamiento de volúmenes de agua para la producción planificada en la estación.

1.4. Delimitación del proyecto

El proyecto hidráulico abarca el diseño de un sistema de abastecimiento convencional desde su captación hasta el tanque de almacenamiento de 300 m^3, desde allí el agua será distribuida

y utilizada para riego y abrevadero; además de abastecer a un reservorio de 15 m^3 donde el líquido será distribuido a las plantas de tratamiento de agua potable y embotelladora, destinadas para consumo humano y comercial.

Además de ello se plantea el diseño de una micro central hidroeléctrica para aprovechar el flujo disponible en la zona de estudio.

1.5. Metodología

El proyecto denominado “Estudio y diseño del sistema hidráulico multipropósito para la Estación Agropecuaria UTPL” presenta una metodología cuantitativa de carácter cuasi experimental debido a que la variable independiente X (caudal y carga) que es de forma natural se la puede manipular al controlar la carga que presenta el flujo con la finalidad de proyectar su efecto y relación en las variables dependientes Y (hidro-aprovechamiento e hidro-eficiencia).

Además de ello la investigación es de tipo transeccional y longitudinal, la primera debido a que se tomarán datos en momentos concretos, como la topografía de la zona de estudio; y la segunda debido a que para su desarrollo se necesita de datos a lo largo del tiempo tal es el caso del estudio hidrológico que se realiza en función a datos históricos recolectados a lo largo de los años, también las muestras de calidad de agua que serán tomadas en diferentes periodos de tiempo para determinar sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Para el desarrollo del presente proyecto se empleó el siguiente procedimiento:

1. Recopilar y organizar bibliográficamente el material relacionado al tema de estudio.
2. Identificar y definir el problema.
3. Formular la hipótesis, objetivos y justificación del proyecto.
4. Realizar el estudio topográfico e hidrológico de la zona de estudio.
5. Analizar la calidad de agua de la fuente disponible.
6. Estudiar las alternativas para el sistema de abastecimiento. Plan masa. Pre-diseño (hidráulico, ambiental, geológico-geotécnico, económicos, entre otros requeridos)
7. Analizar las alternativas y los pre-diseños propuestos.
8. Diseñar el sistema de abastecimiento convencional para uso de riego en la Estación Agropecuaria UTPL.
9. Diseñar el sistema alternativo de hidro-aprovechamiento energético.
10. Discutir los resultados, conclusiones y recomendaciones.

1.6. Ubicación y descripción de la zona de estudio

1.6.1. Ubicación.

La zona de estudio pertenece a la Estación Agropecuaria UTPL, ubicada en el nudo Cajanuma del cantón y provincia de Loja, aproximadamente a 8 Km del sur de la ciudad de Loja en las coordenadas UTM 9548127.124N, 698886.304E, referidas al uso 17 WGS84, con una elevación del terreno aproximada de 2345 m.s.n.m (ver Figura 1 y Figura 2).



Figura 1. Imagen satelital de la ubicación de la zona de estudio.
Fuente: Google Earth, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Figura 2. Fotografía aérea de la zona de estudio, Estación Agropecuaria UTPL.
Fuente: FEDES, 2015.
Elaboración: FEDES, 2015.

1.6.2. Descripción de la zona de estudio.

En la actualidad la Estación Agropecuaria UTPL cuenta con un sistema de abastecimiento empírico, el mismo que está conformado por una captación de 60 cm x 80 cm que conduce el caudal mediante una tubería de polietileno de 2” de diámetro, hasta llegar al almacenamiento de 300 m^3 ubicado en la cota 2363.13 m.s.n.m. dentro de la Estación Agropecuaria. Todo el sistema funciona por gravedad. Además, a lo largo de la conducción cuenta con 3 válvulas de purga para facilitar el mantenimiento del sistema (ver Anexo 1.1).

1.6.2.1. Climatología.

El cantón Loja cuenta con un clima templado – ecuatorial, subhúmedo (Guamán-Jaramillo, 2012). Con una temperatura que oscila entre los 16°C y 21°C, generalmente cálido durante el día y más frío y húmedo por la noche (Carrión-Luzuriaga, 2013).

1.6.2.2. Topografía.

La zona de estudio está situada en un sector cuya topografía se puede diferenciar claramente en dos partes, una de ellas de características poco regulares con pendientes que varían desde 20° a 60° de inclinación respecto a la horizontal; y la otra de características más severas con pendientes extremadamente fuertes mayor al 70% (ver Anexo 1.2). Se observó que el terreno ha sufrido deslizamientos que han modificado su topografía original, debido a la presencia de nivel freático producto de una alcantarilla que desahoga en la Estación Agropecuaria, como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Fotografía de la alcantarilla que desahoga en la Estación Agropecuaria UTPL.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

1.6.2.3. Vegetación.

La vegetación ocupa prácticamente el 100% de la zona de estudio, a excepción de la sección que pertenece a la vía Loja – Malacatos, está compuesta por pastos naturales desde alturas de 5 cm a 50 cm, pequeños y grandes arbustos, a lo largo del cauce se observa a su alrededor una vegetación más densa con mayor cobertura vegetal cubierta de grandes árboles; similares características se pueden observar en terrenos aledaños (ver Figura 4 y Anexo 1.2).



Figura 4. Fotografía de la vegetación de la Estación Agropecuaria UTPL.
Fuente: Los Autores, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema hidráulico multipropósito

Consiste en la unión de un sistema de abastecimiento convencional con un sistema de hidro-generación, es decir, una infraestructura que además de abastecer de agua a un punto deseado, servirá para generar energía eléctrica (Albán-Mora, 2007).

2.1.1. Sistema de abastecimiento convencional.

Es el conjunto de estructuras que sirven para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua para diversas actividades como: consumo humano, riego y abrevadero (Cárdenas-Jaramillo & Patiño-Guaraca, 2010; Instituto Nacional de Salud [INS], 2011; ARKIPLUS, 2016).

2.1.2. Sistema de hidro-aprovechamiento energético (mini central hidroeléctrica).

Se trata de un sistema que permita generar energía eléctrica mediante mecanismos que permiten transformar la energía hidráulica en mecánica a través de turbinas y ésta en eléctrica a través de generadores, este sistema se denomina planta hidroeléctrica (Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas [INEA], 1997; Krochin, 2011). En este caso, el agua no se consume, luego de ser utilizada por las turbinas retorna íntegramente al cauce (Krochin, 2011).

2.2. Componentes del sistema hidráulico multipropósito

2.2.1. Captación.

Es una obra hidráulica que permite la derivación del flujo del cauce, cuyo diseño deberá abastecer la demanda requerida por el proyecto (Maestranza Silvestre [MASIL], 2005; ARQHYS, 2012).

A continuación, se describen los diferentes tipos de captaciones utilizadas en el proyecto.

2.2.1.1. Captación de fondo.

Son captaciones sumergidas que usualmente se utilizan en ríos de montaña, al considerar grandes pendientes, cauce variado, sedimentos finos y agua limpia en tiempos de estiaje (Krochin, 2011; Ortiz-Flórez, 2011).

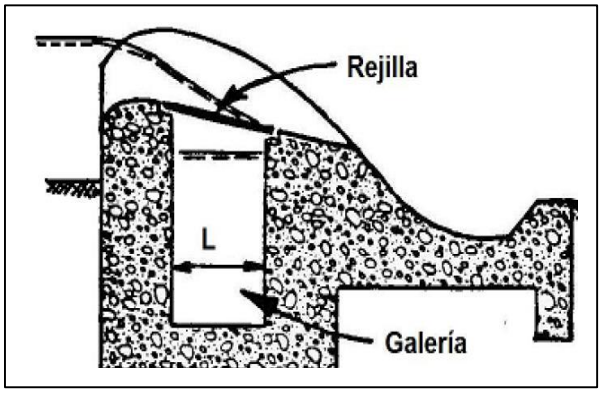


Figura 5. Esquema de la captación de fondo.
Fuente: Diseño Hidráulico.
Elaboración: Krochin, 2011.

2.2.1.2. Captación de fondo tipo escalera.

Se trata de una variación de la toma de fondo convencional, debido a que cuenta con los mismos elementos y su diseño tiene el mismo principio, pero su denominación hace referencia a la ubicación de varias tomas de fondo de manera escalonada o en forma de gradas, es por ello que se la denomina tipo escalera.

2.2.1.3. Captación tipo Coanda.

El efecto Coanda consiste en un fenómeno físico en el cual un fluido en movimiento sobre una superficie curva tiende a seguir esta superficie en lugar de continuar en línea recta (Piñeiro, 2009; González, 2013).

Este tipo de captación está compuesta por la placa de aceleración y la pantalla de efecto Coanda con su respectiva curvatura y radio del arco como se observa en la Figura 6 (Wahl & Einhellig, 2000).

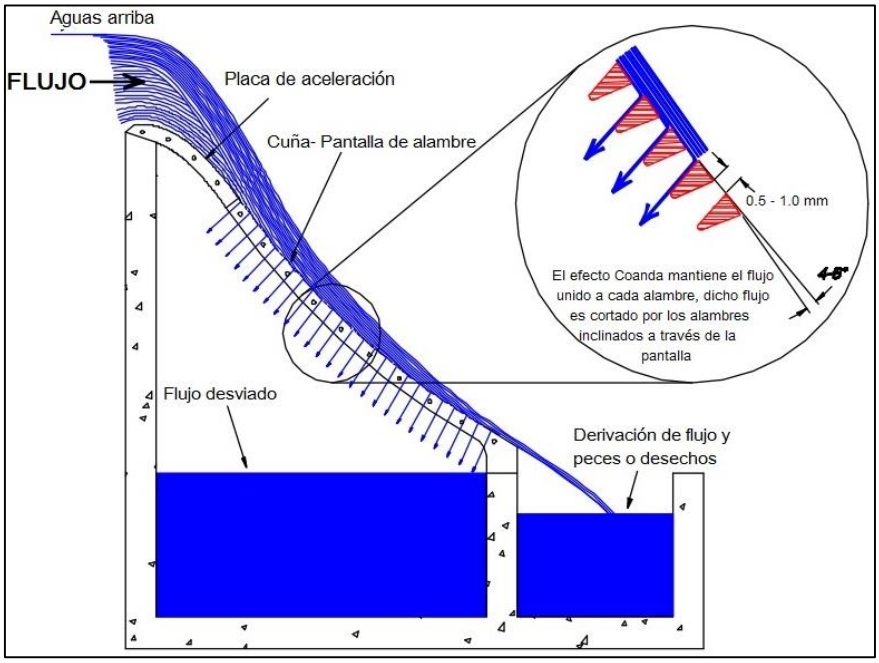


Figura 6. Esquema de las características y disposición típica de una estructura de pantalla con efecto Coanda.
Fuente: Laboratory Testing and Numerical Modeling of Coanda-Effect Screens (Wahl & Einhellig, 2000).
Elaboración: Los Autores, 2017.

La rejilla Coanda utiliza barras triangulares para captar el fluido de un cauce; cuando el agua pasa sobre la malla sus láminas son cortadas y dirigidas hacía el canal de recolección (Wahl, 2001; CBS ING S.A., 2014). Individualmente cada alambre debe estar inclinado aguas abajo, lo cual produce el efecto de corte a una lámina delgada de agua (Ortega-Ushiña, 2014; Rivas-Loaiza, 2015; Samaniego-Burneo, 2015).

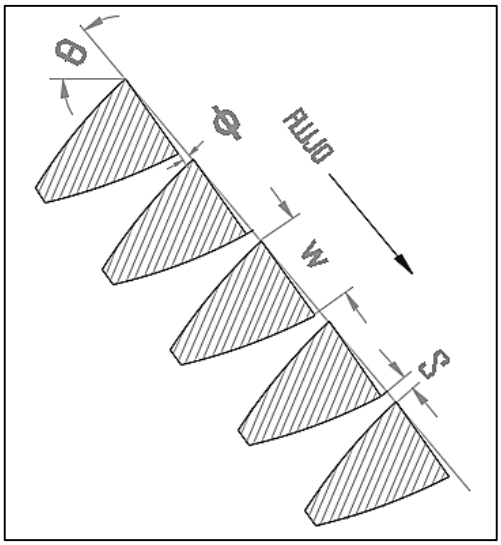


Figura 7. Esquema del detalle de los barrotes de la malla.
Fuente: New Testing of Coanda-Effect Screen Capacities (Wahl, 2013).
Elaboración: Los Autores, 2017.

La rejilla Coanda frente a una captación convencional implica un menor costo de inversión debido ya que no requiere el uso de un desarenador (Ortega-Ushiña, 2014; Rivas-Loaiza, 2015).

2.2.2. Desarenador.

Se trata de una estructura hidráulica que sirve para impedir el paso de las partículas pequeñas (que han logrado atravesar la rejilla de fondo) hacia la tubería de presión, sedimentándolas en el fondo de la estructura, y así evitar la disminución de la sección de tubería con el fin de reducir costos de mantenimiento. En el caso de centrales hidroeléctricas estas partículas pueden afectar directamente al rendimiento de la turbina (Novillo-Barreno, 1985; Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2010; Abarca-Durán, 2012).

2.2.3. Conducción.

La línea de conducción es un sistema de tuberías, válvulas y accesorios que permiten el paso del agua desde la captación hasta la planta de tratamiento, tanques de reserva o turbinas hidráulicas, mediante el aprovechamiento de la energía hidráulica disponible en el campo (Instituto Ecuatoriano de Normalización [CPE INEN 5-9-1], 1992; Ortiz-Flórez, 2011; Guachizaca-Lozano, 2017).

La presión es uno de los parámetros más importantes para el diseño de una conducción y se define como la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua, la misma que debe cumplir con valores mínimos de 0.7 Kg/cm^2 y máximo de 4.0 Kg/cm^2 según sistemas de abastecimiento de agua potable en el área rural (Agüero-Pittman, 1997; CPE INEN 5-9-2, 1997).

2.2.3.1. Línea de gradiente hidráulica.

Es aquella que indica la presión de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de trabajo (Agüero-Pittman, 1997).

2.2.3.2. Pérdida de carga.

La pérdida de carga es la disminución de energía que se produce a lo largo de la tubería cuando el fluido se transporta de un punto a otro (Agüero-Pittman, 1997). El diseño de la red hidráulica debe ser de modo que la presión residual no sea superior a la permitida por la tubería e inferior a la propuesta por la norma (Brieva & Bastías, 1991).

2.2.3.2.1. Pérdidas por fricción.

Se producen debido al rozamiento que existe entre el agua y la rugosidad interna de la tubería (Acosta-Alvarez & Azevedo-Netto, 1976; Saldarriaga, 2016). Se pueden determinar a través de las ecuaciones de Darcy – Weisbach, Hazen – Williams, Chezy – Manning y Fair – Whipple – Hsiao que se muestran a continuación.

a) *Ecuación de Darcy – Weisbach.*- determina las pérdidas por fricción mediante la ecuación (1) (Saldarriaga, 2016).

$$h_f = \left(\frac{8 \times f \times L}{\pi^2 \times g \times D^5}\right) Q^2 \tag{1}$$

Factor de fricción.- las ecuaciones (3) a la (18) permiten calcular el factor de fricción para los distintos tipos de flujo de acuerdo a varios autores que se encuentran recopilados en Offor & Alabi (2016) y Saldarriaga (2016).

Ecuación de Colebrook–White (1937):

$$f = \frac{1}{\left[-2\log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)\right]^2} \tag{2}$$

Ecuación de Moody (1947):

$$f = 0.0055\left\{1 + \left[20000\left(\frac{\varepsilon}{D}\right) + \frac{10^6}{Re}\right]^{1/3}\right\} \tag{3}$$

Ecuación de Swamee y Jain (1976):

$$f = \frac{1}{\left[-2\,log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2} \tag{4}$$

Ecuación de Chen (1979):

$$f = \frac{1}{\left(-2\,log_{10}\left\{\frac{\varepsilon}{3.7065D} - \frac{5.0452}{Re}\,log_{10}\left[\frac{1}{2.8257}\left(\frac{\varepsilon}{D}\right)^{1.1098} + \frac{5.8506}{Re^{0.8981}}\right]\right\}\right)^2} \tag{5}$$

Ecuación de Barr (1981):

$$f = \frac{1}{\left[-2\,log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.1286}{Re^{0.89}}\right)\right]^2} \tag{6}$$

Ecuación de Zigrang y Sylvester (1982):

$$f = \frac{1}{\left(-2\,log_{10}\left\{\frac{\varepsilon}{3.7D} - \frac{5.02}{Re}log_{10}\left[\frac{\varepsilon}{3.7D} - \frac{5.02}{Re}log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{13}{Re}\right)\right]\right\}\right)^2} \tag{7}$$

Ecuación de Haaland (1983):

$$f = \frac{1}{\left\{-1.8\,log_{10}\left[\left(\frac{\varepsilon}{3.7D}\right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re}\right]\right\}^2} \tag{8}$$

Ecuación de Manadilli (1997):

$$f = \frac{1}{\left[-2\,log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{95}{Re^{0.983}} - \frac{96.82}{Re}\right)\right]^2} \tag{9}$$

Ecuación de Sousa-Cunha-Marques (1999):

$$f = \frac{1}{\left\{-2\,log_{10}\left[\frac{\varepsilon}{3.7D} - \frac{5.16}{Re}log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.09}{Re^{0.87}}\right)\right]\right\}^2} \tag{10}$$

Ecuación de Avci y Kargoz (2009):

$$f = \frac{6.4}{\left\{ln(Re) - ln\left[1 + 0.001Re\frac{\varepsilon}{D}\left(1 + 10D\sqrt{\varepsilon}\right)\right]\right\}^{2.4}} \tag{11}$$

Ecuación de Evangelides, Papaevangelou, Tzimopoulos (2010):

$$f = \frac{0.2479 - 0.0000947[7 - log_{10}(Re)]^4}{\left[log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.615D} + \frac{7.366}{Re^{0.9142}}\right)\right]^2} \tag{12}$$

Ecuación de Brkić (2011):

$$f = \frac{1}{\left[-2\,log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.71D} + \frac{2.18\beta}{Re}\right)\right]^2} \tag{13}$$

$$\beta = ln\frac{Re}{1.816\;ln\left[\frac{1.1Re}{ln(1 + 1.1Re)}\right]} \tag{14}$$

Ecuación de Alashkar (2012):

$$f = 1.325474505 \times \log_e(X - 0.8686068432Y \times \log_e\{X - 0.8784893582B \times \log_e[X + (1.665368035Y)^{0.8373492157}]\})^{-2} \tag{15}$$

$$X = \frac{\varepsilon}{3.7065D} \tag{16}$$

$$Y = \frac{2.5226}{Re} \tag{17}$$

Ecuación de Offor y Alabi (2016):

$$f = \frac{1}{\left[-2\,log_{10}\left(\frac{\varepsilon}{3.71D} - \frac{1.975}{Re}\left\{ln\left[\left(\frac{\varepsilon}{3.93D}\right)^{1.092} + \left(\frac{7.627}{Re + 395.9}\right)\right]\right\}\right)\right]^2} \tag{18}$$

Se recomienda usar el coeficiente de rugosidad (ε) de acuerdo a la Tabla **1**:

Tabla 1. Valores del coeficiente de rugosidad absoluta "ε" para distintos materiales.

MATERIAL	ε (mm)
Acero galvanizado	0.1500
Concreto	0.3 a 3.0
Concreto con revestimiento bituminoso	0.2500
Concreto con lámina de refuerzo (CCP)	0.1200
Hierro fundido (HF)	0.1500
Hierro dúctil (HD)	0.2500
Hierro galvanizado (HG)	0.1500
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP)	0.0300
Polietileno de alta densidad (PE)	0.0070
Polivinilo de cloruro (PVC)	0.0015

Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado (López-Cualla, 2003).
Elaboración: Los Autores, 2017.

Número de Reynolds.- Reynolds luego de observar el comportamiento de los líquidos y sus investigaciones experimentales concluyó que para determinar el tipo de movimiento en una tubería no sólo se limitaba al valor de la velocidad, sino que también se debe considerar la viscosidad del líquido (Acosta-Alvarez & Azevedo-Netto, 1976; Saldarriaga, 2016). Su valor se determina mediante el uso de la ecuación (19).

$$R_e = \frac{V \times D}{\mu} \tag{19}$$

$$\mu = \frac{0.000497}{(t + 42.5)^{1.5}} \tag{20}$$

b) *Ecuación de Hazen – Williams.-* es un modelo empírico que relaciona las pérdidas por fricción con el caudal. La ecuación (21) es recomendable para el fluido de agua a temperaturas normales, velocidades inferiores a 3.0 m/s y tuberías con diámetros superiores a 75.0 mm (Saldarriaga, 2016).

$$h_f = \frac{10.674 \times L}{D^{4.87037}}\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85185} \tag{21}$$

El valor del coeficiente C de Hazen-Williams se toma de acuerdo a la Tabla **2**.

Tabla 2. Coeficientes de Chow para la fórmula de Hazen-Williams.

TIPO DE CONDUCTO	COEFICIENTE DE 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

Fuente: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable (CPE INEN 5-9-1, 1992).
Elaboración: Los Autores, 2017.

c) *Ecuación de Chezy – Manning.-* determina las pérdidas de fricción en tuberías circulares mediante la ecuación (22).

$$h_f = \frac{10.29 \times n^2 \times L \times Q^2}{D^{16/3}} \quad (22)$$

El valor del coeficiente n se toma basado en la Tabla **3**.

Tabla 3. Coeficientes de rugosidad "n" de Manning

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD, n
Asbesto cemento	0.010
Concreto liso	0.012
Concreto rugoso	0.014
Ladrillo	0.016
Ladrillo vitrificado	0.014
Metal corrugado	0.022
Hierro fundido	0.015
Plástico	0.009

Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado (López-Cualla, 2003).
Elaboración: Los Autores, 2017.

d) *Ecuación de Fair – Whipple – Hsiao.-* fórmula recomendada para calcular las pérdidas en instalaciones domiciliarias con tuberías lisas (Brieva & Bastías, 1991). La ecuación (23) es de uso exclusivo para agua fría:

$$hf = 676.745 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.753}} \times L \quad (23)$$

2.2.3.2.2. Pérdidas locales, localizadas o accidentales.

Son producidas por los elementos de instalación, como: conexiones, válvulas, medidores, etc. (Acosta-Alvarez & Azevedo-Netto, 1976; Materón M, 1991). Se determinan de modo general mediante la ecuación (24).

$$h_{acc} = K\frac{V^2}{2g} \tag{24}$$

Método de las longitudes equivalentes: consiste en estimar una longitud de tubería ficticia que produzca la misma pérdida de carga que provocarían los accesorios instalados en la tubería (Acosta-Alvarez & Azevedo-Netto, 1976). Esta longitud puede ser reemplazada en la ecuación de Darcy-Weisbach y su determinación se logra con las ecuaciones (25) y (26):

$$L_e = K\frac{D}{f} \tag{25}$$

$$h_{acc} = f\frac{L_e \times V^2}{2 \times g \times D} \tag{26}$$

2.2.3.3. Golpe de ariete.

El golpe de ariete se produce cuando el paso del fluido dentro de la tubería es alterado bruscamente, por ende se generan sobrepresiones mayores que pueden destruir el conducto (Rubio-Sanjuán, 1964; Acosta-Alvarez & Azevedo-Netto, 1976).

2.2.3.3.1. Celeridad.

Es la velocidad con la que se extiende una onda de presión y se genera un movimiento oscilatorio en la tubería (Rubio-Sanjuán, 1964). Cuando el fluido es agua la celeridad se determina con la ecuación (27):

$$a = \frac{1440}{\sqrt{1 + \left(\frac{2.704 \times 10^9}{E_t} \times \frac{D}{e}\right)}} \tag{27}$$

2.2.3.3.2. Pulso de Joukowski.

Es la sobrepresión máxima que se genera por el golpe de ariete tras el cierre de la válvula, y se determina con la ecuación (28):

$$\Delta H = V_o\frac{a}{g} \tag{28}$$

2.2.4. Tanque rompe presión.

En sistemas de conducción a gravedad, al existir un gran desnivel entre la captación y distintos nodos de la conducción se producen elevadas presiones que son capaces de superar la presión admisible de la tubería. Es por ello que se instala cámaras rompe presión, cuya función es disipar energía y reducir la presión relativamente a cero, lo cual permite utilizar tuberías de menor clase y por ende reducir el costo de la obra (Agüero-Pittman, 1997; Tixe, 2004).

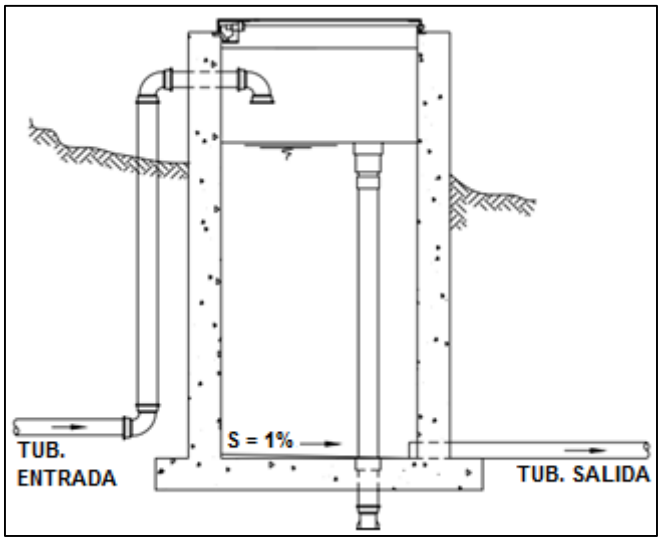


Figura 8. Esquema del tanque rompe presión.
Fuente: Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural.
Elaboración: Tixe, 2004.

2.2.4.1. Diseño hidráulico del tanque rompe presión.

Se determina la altura de la cámara mediante la ecuación (29) de Bernoulli que sirve para establecer la carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir (Agüero-Pittman, 1997).

$$H = \frac{1.56}{2 \times g}\left(\frac{Q}{A_T}\right)^2 \tag{29}$$

Se asigna las dimensiones para calcular la altura del tanque rompe presión con la ecuación (30) (Agüero-Pittman, 1997):

$$Ht = h + H + (B.L.) \tag{30}$$

2.2.4.2. Dimensionamiento de la canastilla de salida.

Agüero-Pittman (1997) recomienda utilizar la ecuación (31) para determinar el diámetro de la canastilla, la ecuación (32) para el área total de ranuras y la ecuación (33) para el número de ranuras. En la Figura 9 se muestra el esquema de la canastilla.

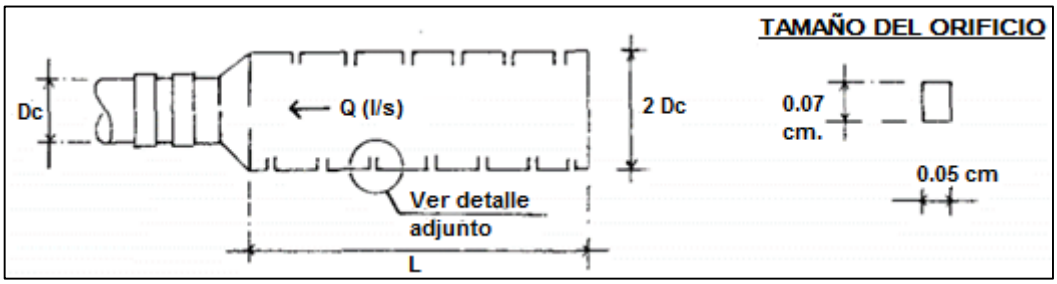


Figura 9. Esquema de la canastilla de salida.
Fuente: Agua potable para poblaciones rurales.
Elaboración: Agüero-Pittman, 1997.

$$D_{canastilla} = 2 \times D_c \tag{31}$$

$$At = 2 \times Ac \tag{32}$$

$$N°ranuras = \frac{At}{Ar} \quad (33)$$

2.2.4.3. Tubería de rebose y limpieza.

Su función es limpiar y evacuar el agua de la cámara húmeda en la cual se recomienda pendientes del 1.0 % al 1.5 %, cuyo diámetro se calcula mediante la ecuación (34) obtenida a partir de la ecuación (21) de Hazen-Williams considerando un coeficiente C igual a 140 (Agüero-Pittman, 1997):

$$D = \frac{0.71 \times {Q_R}^{0.38}}{J^{0.21}} \quad (34)$$

2.2.5. Cámara de carga.

La cámara de carga sirve para amortiguar las ondas de presión generadas por el golpe de ariete producto de los arranques rápidos o paradas bruscas en el sistema. Además, recolecta un volumen de agua necesario para asegurar una altura de agua que impida el ingreso de aire a la tubería forzada (Krochin, 2011; Ortiz-Flórez, 2011).

2.2.6. Tubería forzada.

Ortiz-Flórez (2011) recomienda que… para el diseño de la tubería forzada se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El diámetro se selecciona en función al que cause menor número de pérdidas y su precio sea económico.
- El espesor está en función de los esfuerzos generados por el golpe de ariete, el peso del agua y de la tubería, y la resistencia a los esfuerzos mecánicos de la tubería.

En cuanto al diámetro seleccionado se determina las pérdidas, presiones y velocidades producidas en la conducción con los parámetros anteriormente indicados. Es por ello que el tema referente a tubería forzada se centra más en el espesor de la tubería determinado por la ecuación (35).

2.2.6.1. Espesor de la tubería.

$$e = \frac{(Hc + hs)D}{2\sigma_f \times K_f} + e_s \quad (35)$$

2.2.6.2. Tensiones.

- Tensión tangencial ejercida por el golpe de ariete.

$$\delta_{ta} = 0.05(Hc + hs)\frac{D}{e} \quad (36)$$

- Tensión longitudinal debido a la variación de temperatura.

$$\delta_{te} = E \times \alpha \times \Delta t \quad (37)$$

- Tensión longitudinal debida a la presión hidrostática, con válvula cerrada.

$$\delta_{tl} = 0.025\frac{(Hc + hs)D^2}{e(e + D)} \quad (38)$$

- Tensión de flexión entre apoyos debido al peso propio de la tubería y al peso del agua.

$$F = \gamma_t \times \pi \times e(D + e) + \gamma\frac{\pi \times D}{4} \quad (39)$$

$$Mf_{máx} = F\left(\frac{Ls^2}{8}\right)sen\theta \quad (40)$$

$$M_r = \frac{\pi}{32}\frac{(De^4 - D^4)}{D_e} \quad (41)$$

$$\delta_{tf} = \frac{Mf_{máx}}{M_r} \quad (42)$$

- Tensión longitudinal, debido a la inclinación de la pendiente del terreno.

$$\delta_j = \frac{F \times Ls \times cos\theta}{\pi \times e(D + e)} \quad (43)$$

- Tensión resultante.

$$\delta_R = \sum_{j=1}^{5} \delta_j \quad (44)$$

2.2.7. Transformación de energía hidráulica.

Se trata de transformar ésta en energía eléctrica al aprovechar el desnivel entre dos puntos, del cual dependerá la potencia de la planta hidroeléctrica (Castro, 2006; Abarca-Durán, 2012).

La transformación se realiza mediante una turbina hidráulica que convierte la energía potencial y cinética del agua en energía mecánica de rotación, ésta la envía al generador donde es transformada en energía eléctrica (Penche, 1998; Mora-Navarro & Hurtado-Liévano, 2004; Castro, 2006). Además la turbina cuenta con un regulador de velocidad para ajustar el caudal a la demanda de energía eléctrica (Mora-Navarro & Hurtado-Liévano, 2004).

En este caso se realizará mediante el uso de microturbinas TRD distribuidas a lo largo del sistema o una turbina Pelton colocada al pie.

2.2.7.1. Microturbinas TRD.

Las microturbinas son el principal componente de generación hidráulica ya que transforman la energía hidráulica en energía eléctrica (Merritt, Loftin, & Ricketts, 1999; Betancourt-Jurado, 2007). La microturbina TRD es ideal para cargar baterías pues aprovecha el agua de

conducciones con poca presión y caudal, que suelen ser las que se dan en redes de riego (Grupo Verne, 2014).

2.2.7.1.1. Elementos de un sistema de microturbinas TRD.

- *Microturbina TRD.*

Sirve para mantener la carga de la batería al usar la potencia del agua que hace girar a la turbina Pelton (Grupo Verne, 2014).



Figura 10. Fotografía de la microturbina TRD.
Fuente: Manual de Usuario de Microturbina TRD.
Elaboración: Grupo Verne, 2014.

- *Cargador inteligente.*

El cargador inteligente sirve para realizar la carga de baterías de diferentes tipos de tensión. Funciona de acuerdo a los estados de la batería, cuando detecta que el nivel de la batería es bajo abre la electroválvula y cuando está completamente cargada cierra la electroválvula (Grupo Verne, 2014).



Figura 11. Fotografía del cargador inteligente de la microturbina.
Fuente: Manual de Usuario de Microturbina TRD.
Elaboración: Grupo Verne, 2014.

- *Batería*

La batería puede ser de 6V, 12V y 24V de diversos metales como el plomo, níquel-cadmio, litio, entre otros. (Grupo Verne, 2014).

- *Electroválvula*

Es una electroválvula estándar con regulador de caudal, filtro y de apertura manual (Grupo Verne, 2014).



Figura 12. Fotografía de la electroválvula.
Fuente: Manual de Usuario de Microturbina TRD.
Elaboración: Grupo Verne, 2014.

El rendimiento de la microturbina se muestra en la Figura **13**, la cual sirve para identificar el caudal y la presión necesaria para producir energía eléctrica.

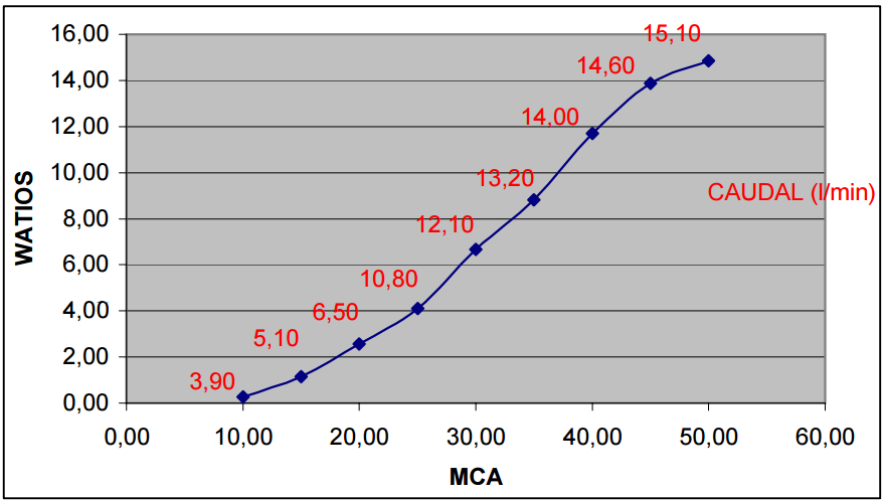


Figura 13. Representación gráfica del rendimiento de la Microturbina TRD.
Fuente: Manual de Usuario de Microturbina TRD.
Elaboración: Grupo Verne, 2014.

2.2.7.2. Turbina Pelton.

Según Coz et. al (1995) menciona que… la turbina Pelton fue inventada por Lester A. Pelton (EE.UU, 1829-1908) y patentada en 1880. Se trata de una de las turbinas de acción más comunes de flujo tangencial y admisión parcial, ideal para trabajar bajo condiciones de poco caudal y grandes caídas por lo que es de las más utilizadas en micro-centrales hidroeléctricas (Coz et. al., 1995; INEA, 1997; Abarca-Durán, 2012).

Se conforma de un rodete (disco circular) equipado en su contorno con cazoletas de doble cuchara de acero inoxidable, y de uno o más inyectores que son los encargados de dirigir y regular el chorro de agua que cae sobre las cucharas para provocar el giro del rotor de la turbina que se conecta al generador y produce la energía eléctrica (BUN-CA, 2002) (Castro, 2006) (Delgado López, 2014). En la Figura 14 se muestra el rodete de una turbina Pelton de 6 inyectores.

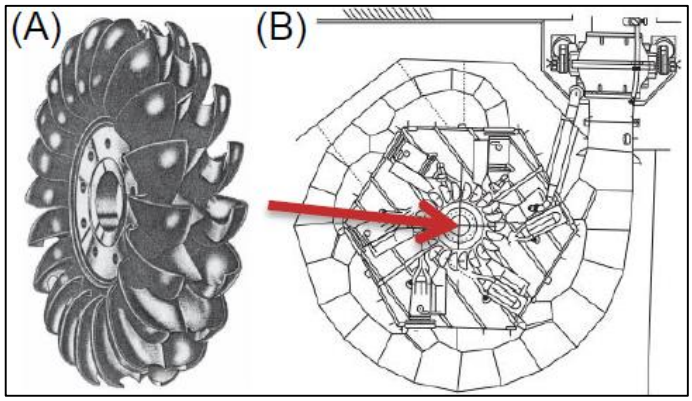


Figura 14. Esquema del rodete de la turbina Pelton (A) y vista en planta con 6 inyectores (B).
Fuente: Modelo para Estudios de Ingeniería de Perfil para Proyectos de Mini Hidráulica.
Elaboración: (Delgado López, 2014).

Además, unas de las grandes ventajas de esta turbina es que se encuentra disponible en el mercado, es de fácil instalación, bajo costo de mantenimiento y tiene gran rendimiento (Castro, 2006; Abarca-Durán, 2012).

2.2.8. Puente canal.

Es una estructura de cruce utilizada con el fin de conducir el agua de un canal a través de cualquier obstáculo, depresión o sobrelevación natural o artificial del terreno. Puede ser de concreto, acero o madera (Villón-Béjar, 2005; ANA, 2010). Se usa cuando la superficie del agua es mayor que la rasante del obstáculo (ANA, 2010).

Según Krochin (2011) su diseño consiste en vigas rectas sobre pilas, para luces de hasta 10 m o 15 m. Para luces mayores o si las pilas son muy altas, se realizan en forma de arcos, siempre y cuando el terreno lo permita. Además, su cálculo es puramente estructural.

2.2.9. Tanque de almacenamiento de concreto armado.

El concreto armado es uno de los materiales ideales para la construcción de diversas estructuras, por su facilidad de manejo, amplia durabilidad y bajo costo de mantenimiento (Jiménez-Montoya, García-Meseguer, & Morán-Cabré, 2000).

Los depósitos más comunes son de forma rectangular o circular y pueden ser elevados, apoyados o enterrados (Agüero-Pittman, 2004).

Para el diseño del reservorio es necesario tomar en cuenta diversos factores como: el líquido a contener, el terreno de cimentación, la capacidad del depósito y los materiales a utilizar. Debido a que uno de los problemas más importantes a considerar en el diseño del depósito a más de su resistencia, es la estanqueidad del mismo, se recomienda utilizar hormigones impermeables de buena calidad y muy compactos con una dosificación rica en cemento y baja

relación agua/cemento, además de controlar las fisuras mediante un diseño óptimo (Jiménez-Montoya et al., 2000).

2.2.10. Planta compacta para tratamiento de agua potable.

Son plantas altamente tecnificadas que se han convertido en una gran alternativa debido a sus diferentes ventajas como son: simple manejo y operación automática, requieren poco espacio para su instalación, facilidad de transporte y además brindan gran confiabilidad. Recomendadas para comunidades pequeñas y medianas (Eduardoño, 2015; Indostra, 2015; Optimización de Procesos y Tecnologías S.A.S [OPT], 2015).

Es un sistema de tratamiento y potabilización de agua, aptos para remover turbiedad, sólidos suspendidos, olor, color y otros parámetros requeridos de acuerdo a la normativa especificada. El tratamiento consiste en un proceso de coagulación, floculación, sedimentación y filtración (Indostra, 2015; OPT, 2015).

El dimensionamiento de una planta compacta para tratamiento de agua potable (PCTAP) se realiza en función del estudio de calidad de agua, el cual permite conocer los parámetros físicos y químicos de la misma (Ingeniería y Servicios Ambientales [ISA], 2016).

2.2.11. Planta embotelladora.

Es muy similar a la planta compacta para tratamiento de agua potable, pues es un conjunto compacto de equipos especializados y automatizados para la purificación y el envasado de agua con la calidad requerida para su comercialización (AguaSistec, 2017).

De acuerdo a la norma (NTE INEN 2 200, 2008) el agua debe ser envasada en recipientes de cierre hermético e inviolable que garantice la calidad del producto de que no ha sido abierto después del llenado ni antes de que llegue al consumidor.

Para la obtención de este sistema es necesario conocer el volumen de agua embotellada, para así dimensionar la capacidad de la planta requerida además de la calidad de agua tanto a ser purificada como la que será comercializada. (AguaSistec, 2017).

CAPÍTULO III

ESTUDIOS Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL PROYECTO MULTIPROPÓSITO

3.1. Estudio topográfico

Con el fin de representar detalladamente el terreno de la zona de estudio perteneciente a la Estación Agropecuaria UTPL en el sector Cajanuma se realizó el levantamiento topográfico mediante el uso de una estación Sokkia CX – 105 con la ayuda de un GPS navegador para configurar la referencia, durante los meses de noviembre y diciembre de 2016 (ver Anexo 1.3).

3.2. Estudio hidrológico

Se partió de la identificación y delimitación de la cuenca hidrográfica correspondiente a la zona de interés para realizar el estudio hidrológico con la finalidad de conocer los parámetros geomorfológicos de la cuenca, caudales de crecida y de estiaje. Además, para conocer el caudal medio se realizó mediciones en el sitio de estudio durante varias épocas del año mediante el método de aforo con vertedero triangular (ver Anexo 2).

3.3. Estudio de calidad de agua

Se analizó cuatro muestras de agua de la fuente disponible tomadas en los meses de junio, julio, noviembre y enero con la finalidad de conocer las características físicas, químicas y microbiológicas de la misma para determinar el tratamiento necesario que cumpla los requerimientos establecidos por la norma en consumo humano, uso doméstico, riego, abrevado y comercial. Los parámetros mínimos permitidos se muestran en la Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 4. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Características Físicas			
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Color real	Unidades de platino - cobalto	U.Pt-Co	15 - 30
Material flotante			Ausencia
Olor			Ausencia
Sabor			Ausencia
Sólidos disueltos totales		mg/l	1000
Temperatura		°C	Condición natural ± 3 grados
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	5.0
Características Químicas			
Aluminio total	Al	mg/l	0.2
Amoniaco	N-amoniacal	mg/l	1.0
Amonio	$NH^{+}4$	mg/l	0.5
Antimonio	Sb	mg/l	0.02
Arsénico	As	mg/l	0.01
Bario	Ba	mg/l	0.7
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro	B	mg/l	0.75

Continúa Tabla 4…

… Continuación Tabla 4

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Características Químicas			
Bifenilos policlorados	Concentración de PCBs totales	μg/l	0.0005
Cadmio	Cd	mg/l	0.003
Cianuros	CN”	mg/l	0.07
Cloro libre residual	Cl	mg/l	0.3 - 1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.2
Cobre	Cu	mg/l	2.0
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.001
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0.05
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO_5	mg/l	<2
Dureza	$CaCO_3$	mg/l	300
Fluoruro	F”	mg/l	1.5
Hierro total	Fe	mg/l	0.5
Litio	Li	mg/l	2.5
Manganeso	Mn	mg/l	0.1
Mercurio	Hg	mg/l	0.006
Níquel	Ni	mg/l	0.025
Nitratros	NO_3	mg/l	40.0
Nitritos	NO_2	mg/l	0.2
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	>6
Plata	Ag	mg/l	0.05
Plomo	Pb	mg/l	0.01
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades de pH	6 - 9
Selenio	Se	mg/l	0.01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO_4	mg/l	250.0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	0.2
Zinc	Zn	mg/l	5.0
Características Microbiológicas			
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Coliformes totales	NMP	NMP/100ml	20000

Fuente: Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso de agua (Tapia-Nuñez, 2015) Agua potable. Requisitos (NTE INEN 1 108, 2014).
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 5. Criterios de calidad de agua para uso agrícola en riego.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Características Físicas			
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Material flotante	Visible		Ausencia
Sólidos disueltos totales		mg/l	3000
Transparencia	Visible	m	mínimo 2.0
Características Químicas			
Aluminio	Al	mg/l	5.0

Continúa Tabla 5…

… Continuación Tabla 5

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Características Químicas			
Arsénico	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	1.0
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro	B	mg/l	0.75
Cadmio	Cd	mg/l	0.05
Cianuros	CN”	mg/l	0.2
Cobalto	Co	mg/l	0.01
Cobre	Cu	mg/l	0.2
Cromo	Cr*	mg/l	0.1
Flúor	Fl	mg/l	1.0
Hierro	Fe	mg/l	5.0
Litio	Li	mg/l	2.5
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Mercurio	Hg	mg/l	0.001
Molibdeno	Mo	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	0.2
Nitritos	NO_2	mg/l	0.5
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	3
Plata	Ag	mg/l	0.05
Plomo	Pb	mg/l	5.0
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades de pH	6 - 9
Selenio	Se	mg/l	0.02
Sulfatos	SO_4^{-2}	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0.1
Zinc	Z	mg/l	2.0
Características Microbiológicas			
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	200
Coliformes totales	NMP	NMP/100ml	1000
Huevos de parásitos			Ausencia

Fuente: Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso de agua (Tapia-Nuñez, 2015).
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 6. Criterios de calidad del agua purificada envasada.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Características Físicas			
Color	Unidades de color verdadero	UTC	5
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	NTU	3
Sólidos totales disueltos		mg/l	500
Olor y sabor			Ausente
Características Químicas			
pH A 20°C - no carbonatada, - carbonatada - proceso de ósmosis y destilación	pH	Unidades de pH	6.5 - 8.5 4.0 - 8.5 5.0 - 7.0
Cloro libre residual	Cl	mg/l	Ausente
Dureza	$CaCO_3$	mg/l	300
Características Microbiológicas			
Aerobios mesófilos	UFC	UFC/ml	1.0×10^2
Coliformes	NMP	NMP/100ml	<1.8
Coliformes	UFC	UFC/100ml	$<1.0 \times 10^0$

Fuente: Agua Purificada Envasada, requisitos. (NTE INEN 2 200, 2008)
Elaboración: Los Autores, 2017.

3.4. Estudio de suelos

Con la finalidad de conocer las propiedades geotécnicas del suelo de la zona de estudio, se realizó el análisis de seis muestras pertenecientes a los puntos determinantes como el reservorio, puente canal y a lo largo de la conducción (ver Anexo 1.4).

Se partió con la obtención de muestras y posteriormente se realizó los ensayos de laboratorio necesarios para la clasificación de suelos.

3.4.1. Obtención de muestras.

Se tomó seis muestras de suelo a una profundidad mayor a un metro de acuerdo como se indica en la Tabla 7, en función a lo establecido en la norma NTE INEN 686 que describe la forma de obtener muestras alteradas que conserven las características que tienen en su estado natural.

Tabla 7. Obtención de muestras de suelos.

Muestra	Lugar	Observaciones
01	Reservorio	Se tomó dos muestras, a una profundidad mayor a 1 m y 2 m debido a los diferentes estratos existentes.
02		
03	Puente canal	Se tomó una muestra en cada punto de fundición, es decir, antes y después de la intersección de la vía.
04		
05	Conducción	Aleatoriamente se tomó dos muestras a lo largo de la conducción, consideradas de corona y media ladera.
06		

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

En la Tabla 8 se muestran las herramientas utilizadas en campo para la extracción de cada muestra.

Tabla 8. Equipos utilizados para la obtención de muestras.

Herramienta	Cantidad
Pala	2
Barreta	1
Barreno manual (extractor de muestras)	1
Fundas plásticas	Necesarias para guardar la muestra

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

3.4.2. Ensayos de laboratorio.

En laboratorio se realizaron los ensayos necesarios para la clasificación del suelo de cada muestra. Además, en la muestra N° 2 del reservorio, es decir, la de mayor profundidad, aparte de los ensayos de clasificación también se realizó el ensayo de compresión triaxial con la finalidad de obtener los parámetros de diseño del mismo. En la Tabla 9 se muestran los equipos utilizados en cada ensayo de laboratorio.

Tabla 9. Materiales y equipos utilizados en los ensayos de laboratorio.

Ensayo	Equipo	Cantidad
Contenido de humedad	Recipientes para contenido de humedad	6
Granulometría	Tamices de malla cuadrada	4

Continúa Tabla 9…

… Continuación Tabla 9

Ensayo	Equipo	Cantidad
Granulometría	Máquina de tamizado plano	1
	Recipientes para el secado de las muestras	2
Límites de Atterberg	Aparato Casagrande	1
	Espátula	1
	Acanalador de Casagrande	1
	Calibrador	1
	Recipientes para contenido de humedad	14
Compresión triaxial	Máquina de compresión triaxial	1
	Deformímetro de carátula (precisión de 0,01mm/división)	1
	Molde para preparar muestras remoldeadas	1
	Calibrador	1
Todos los ensayos	Horno de secado a 110°C ± 5°C	1
	Balanza con precisión de 0.01 g	1
	Utensilios varios	1

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

3.4.2.1. Contenido de humedad.

El contenido de humedad se define como la relación del peso de las partículas sólidas y el peso del agua en la misma, expresada en porcentaje. Se determinó el contenido de humedad para las muestras indicadas anteriormente bajo la normativa ASTM D 2216.

3.4.2.2. Granulometría.

Debido a que se tienen suelos finos arcillosos la granulometría se realizó en función de la norma ASTM D 422 para todas las muestras, la cual indica que el material debe ser lavado sobre el tamiz Nº 200.

3.4.2.3. Límites de Atterberg.

El límite líquido y límite plástico de las muestras se determinó con la utilización de la norma ASTM D 4318, se ensayó 200 gramos de muestra pasante por el tamiz Nº 40. Para el límite líquido la norma establece un número mínimo de tres puntos para la gráfica de los límites, para en este caso se obtuvieron cuatro puntos, descartándose el más alejado. El límite plástico fue obtenido en dos puntos para cada muestra.

3.4.2.4. Compresión triaxial.

El ensayo de compresión triaxial se realizó con el fin de obtener el ángulo de fricción interna y la cohesión de las muestras obtenidas in situ de acuerdo a las normas ASTM D 2850 y ASTM D 4767, dando lectura al deformímetro y registrando los esfuerzos producidos por la carga aplicada. La norma establece que se requiere el ensayo de un mínimo de tres probetas, debido a que se aplicará una presión lateral de 0.5 Kg/cm^2, 1.0 Kg/cm^2 y 2.0 Kg/cm^2 a cada pobreta. Se utilizó muestras remoldeadas pertenecientes al reservorio.

3.5. Diseño de las estructuras hidráulicas

3.5.1. Captación de fondo tipo escalera.

Para el diseño de la captación principalmente se parte del caudal y ancho del cauce disponible obtenidos del estudio topográfico e hidrológico y siguiendo las recomendaciones de Krochin (2011). Se utiliza una rejilla con una pendiente de 0.20 m/m y un porcentaje de obstrucción del 30%, una separación de barrotes de 1 cm y cada barrote tiene que soportar el peso del material arrastrado en época de lluvia por lo que se optó por un ancho de barrote de 2.5 cm.

Los cálculos se detallan en el Anexo 5.2, diseño realizado en base a la sección 5.2 del libro Diseño Hidráulico (Krochin, 2011).

3.5.2. Captación tipo Coanda.

El diseño de la captación tipo Coanda se basa en las recomendaciones dadas por Tony Wahl (2001; 2003) el cual brinda parámetros como una separación mínima entre barras de 1.0 mm a 5.0 mm, una inclinación de la pantalla de 45° a 60° respecto a la horizontal, ancho de barrotes de 1 cm y fundamentalmente para cumplir con el efecto Coanda es necesario una inclinación de cada barrote de 5° aguas abajo.

Las dimensiones adoptadas para la rejilla Coanda se comprobaron mediante el uso del software Hydraulic Performance of Coanda-Effect Screens, el mismo que se muestra detalladamente en el Anexo 5.3.

3.5.3. Desarenador.

El parámetro principal para realizar el diseño del desarenador es el tamaño de la partícula que se va a sedimentar, tiempo de retención, la carga superficial, la densidad relativa de las partículas y parámetros generales como el caudal de diseño, peso específico del agua, temperatura, viscosidad cinemática y la aceleración de la gravedad. Todos los cálculos desarrollados para el diseño del desarenador se detallan en el Anexo 5.4.

3.5.4. Conducción.

Para el análisis de la conducción se realizó el trazo de 3 (tres) diferentes alternativas debido a que la primera de ellas consiste en un sistema convencional que cuenta con 2 (dos) tanques rompe presión, la segunda alternativa se trata de un sistema de hidro-generación por lo que a diferencia de los tanques rompe presión se cuenta con 8 (ocho) microturbinas TRD del grupo Verne en dos diferentes puntos y por último también se tiene una propuesta de hidro-generación pero a diferencia de la segunda alternativa se trata de una micro-central al pie.

Se realizó el cálculo manual de cada una de las alternativas, con el fin de determinar si se cuenta con la energía necesaria para cumplir con cada alternativa, además del cálculo manual se verificó los resultados mediante el Software EPANET y también se efectúo el análisis de

transitorios a través del Software DYAGATS, todos estos cálculos se muestran detalladamente en el Anexo 5.5.

3.5.5. Tanque rompe presión.

El diseño del tanque rompe presión considera su dimensionamiento y el de la canastilla, además del rebose y limpieza. También se incluye el armado del mismo, lo cual se muestra en el Anexo 5.6.

3.5.6. Cámara de carga.

El diseño de la cámara de carga se lo realizó en base a lo explicado en el libro “Pequeñas Centrales Hidroeléctricas” de Ramiro Ortiz-Flores (2011), el mismo que se muestra en el Anexo 5.7.

3.5.7. Tubería forzada.

Se considera tubería forzada para la alternativa 3 (tres) donde se tiene grandes presiones debido a que se pretende generar energía a través de una microturbina al pie. La selección del diámetro adecuado para que trabaje de forma correcta se muestra en el Anexo 5.8.

3.5.8. Microturbinas TRD.

Se utilizarán 8 (ocho) microturbinas TRD del Grupo Verne en dos puntos diferentes, es decir, un total de 16 (dieciséis) turbinas que como se explicó previamente en la sección 2.2.7.1 son equipos que funcionan con pequeños caudales y están conformados por la microturbina, un cargador inteligente, la batería y la electroválvula. Debido a que estos equipos ya se obtienen previamente fabricados, se diseñó únicamente el cuarto de máquinas donde se almacenarán todos los equipos y se determinó la potencia que se generará con el uso de las mismas, lo cual se muestra en el Anexo 5.9.

3.5.9. Turbina Pelton.

Primeramente, se determinó que tipo de turbina se debe diseñar de acuerdo a las condiciones que se tiene del proyecto, una vez realizados los cálculos se estableció que se diseñará una turbina Pelton con un inyector lo cual se muestra en el Anexo 5.10.1. y su diseño completo en el Anexo 5.10.2.

3.5.10. Puente canal.

Consiste en una estructura metálica diseñada mediante la ayuda del software Autodesk Robot Structural donde se comprobó que los perfiles y las uniones utilizadas soportarán adecuadamente las cargas a las que estará sometido. Además de ello se diseñó manualmente la cimentación que consiste en una zapata combinada. Los cálculos detallados se muestran en el Anexo 5.11.

3.5.11. Tanque de almacenamiento.

Se diseñó dos reservorios circulares de concreto, el primero de 300 m^3 de capacidad con el fin de almacenar el líquido necesario para cumplir la demanda de la finca para los diferentes usos, el cual se distribuirá fluido al sistema de riego por aspersión y al segundo reservorio de 15 m^3 la cual será utilizada para consumo humano y comercial es decir será dirigida a una planta potabilizadora y embotelladora. El diseño de los dos tanques se realizó considerando las especificaciones dadas por el ACI tanto para el dimensionamiento como para su armado y todos sus cálculos se muestran de manera detalla en el Anexo 5.12.

3.5.12. Planta compacta de tratamiento de agua potable.

Se trata de una planta prefabricada de la empresa colombiana NyF, debido a la calidad de agua de la zona de estudio se requiere tratamiento mínimo para que ésta sea apta al consumo humano, por ello se ha seleccionado la planta compacta EPF C-14. Las especificaciones otorgadas por la empresa se encuentran en el Anexo 6.1.

3.5.13. Planta embotelladora.

Al igual que la planta potabilizadora, es una planta prefabricada de la empresa MegaOzon, localizada en la ciudad de Manta, la cual cumple con todas las especificaciones establecidas para agua envasada y sus especificaciones se muestran en el Anexo 6.2.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS

4.1. Estudio topográfico

En el Anexo 6.1 se muestra a detalle todos los planos obtenidos del levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio, en el cual se levantó aproximadamente 980 metros longitudinales con una franja lineal de 50 metros de ancho y un desnivel geométrico total de 172 metros, el cuál será aprovechado para hidro-generación.

4.2. Estudio hidrológico

Del estudio hidrológico se obtuvo algunos parámetros de la micro cuenca como sus características geomorfológicas, precipitaciones, caudales medios y de máxima crecida. A continuación, en la Tabla 10 se muestran los parámetros geomorfológicos de la cuenca.

Tabla 10. Parámetros geomorfológicos de la micro cuenca hidrográfica.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	CLASIFICACIÓN
Área de la cuenca	0.175	Km^2	Muy pequeña
Perímetro de la cuenca	1.723	Km	-
Cota máxima de la cuenca	2823.00	m.s.n.m.	-
Cota mínima de la cuenca	2498.75	m.s.n.m.	-
Factor de forma	0.420	-	Alargada
Índice de compacidad de Gravelius	1.162	-	De casi redonda a oval redonda Tendencia alta de crecidas
Índice de alargamiento de Horton	3.042	-	Muy alargada
Pendiente media de la cuenca	74.01	%	-
Elevación media de la cuenca	2674.78	m.s.n.m	-
Índice de pendiente global	445.88	m/Km	Extremadamente fuerte
Desnivel específico	186.55	m	Moderadamente fuerte
Longitud del cauce principal	0.533	Km	Corto
Densidad de drenaje	3.045	Km/Km^2	Moderada
Pendiente media del cauce principal	42.37	%	Terreno empinado

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

- Las precipitaciones medias mensuales obtenidas para el punto de interés se muestran en la Tabla 2.17 de la sección 2.3.1. del Anexo 2.

- Del aforo in situ con vertedero triangular, se obtuvo un caudal medio de 2,44 l/s.

- Los caudales medios mensuales se determinaron mediante el método racional a partir de las precipitaciones calculadas previamente, los mismos que se muestran en la Tabla 2.23 de la sección 2.4.1. del Anexo 2.

- A través de la curva de variación estacional (Figura 2.10 de la sección 2.4.1.3. del Anexo 2) se pudo observar y establecer que los períodos secos abarcan los meses de mayo a noviembre, mientras que los de crecida van desde el mes de diciembre al mes de abril.

- El caudal de máxima crecida se calculó a través de distintos métodos estadísticos, métodos de lluvia – escorrentía y fórmulas empíricas. En la Tabla 11 se muestra en resumen todos los métodos utilizados y el caudal obtenido para un período de retorno de 50 años.

Tabla 11. Caudales de máxima crecida.

MÉTODO		CAUDAL [Q] (m^3/s)
Estadísticos	Gumbel	0.025
	Levediev	0.021
Lluvia – Escorrentía	Racional	4.140
	Hidrograma sintético de Snyder	2.300
	Vente Chow	11.11
Fórmulas empíricas	Hoffman	0.500
	INERHI	0.330
	Dickers	1.870

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

- A partir de la curva de duración general (Figura 2.13 de la sección 2.4.3. del Anexo 2) se determinó el caudal de estiaje considerando una probabilidad del 95% de ser superado, teniendo como resultado 2.00 l/s.

4.3. Estudio de calidad de agua

En la Tabla 12 se puede observar un resumen de los resultados del análisis de calidad de agua realizado a las cuatro muestras tomadas en la zona del proyecto, sector Cajanuma; para mayores detalles de los resultados revisar el Anexo 3.

Tabla 12. Resumen de los resultados del estudio de calidad de agua.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS			
		Muestra 1 28-06-2017	Muestra 2 28-07-2017	Muestra 3 11-11-2017	Muestra 4 09-01-2018
Características Físicas					
Color	U.Pt-Co	50.00	21.00	28.00	31.00
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Sabor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Sólidos disueltos totales	mg/l	37.30	39.60	34.70	35.90
Turbiedad	UNT	6.00	3.00	3.00	4.00
Características Químicas					
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	5.50	6.00	6.00	6.10
Aluminio	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
Amoniaco	mg/l	0.00	0.00	0.02	0.04
Arsénico	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
Cloro libre residual	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
Dureza	mg/l	15.00	16.00	15.00	15.00
Fluoruro	mg/l	0.04	0.04	0.03	0.03
Hierro total	mg/l	0.03	0.03	0.01	0.01

Continúa Tabla 12…

… Continuación Tabla 12

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS			
		Muestra 1 28-06-2017	Muestra 2 28-07-2017	Muestra 3 11-11-2017	Muestra 4 09-01-2018
Características Químicas					
Manganeso	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
Níquel	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitratos	mg/l	4.84	7.70	7.04	7.04
Sulfatos	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
Zinc	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
Demanda química de oxígeno	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
Oxígeno disuelto	mg/l	14.50	14.50	14.50	14.50
Característica Microbiológicas					
Coliformes totales	NMP/100ml	140.00	150.00	110.00	120.00
Coliformes fecales	NMP/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00
Gérmenes totales	UFC/ml	6500.00	6800.00	5200.00	5300.00

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

4.4. Estudio de suelos

Se realizó el análisis en laboratorio de seis muestras de suelo, dos de ellas pertenecientes a la conducción, dos a la zona donde se planea construir un puente canal y las dos últimas corresponden a la zona donde se ubicará el reservorio de 300 m^3 de almacenamiento. Una vez realizados los ensayos se procedió a clasificar cada una de las muestras de acuerdo a las normas AASHTO y SUCS cuyos resultados se pueden observar en la Tabla 13.

Tabla 13. Clasificación de suelos.

Muestra	Referencia	W %	% pasa N° 200	L.L	L.P	I.P	I.G	AASHTO	SUCS
01	reservorio	35	95	98	64	34	49	A-7-5	OH
02	reservorio	50	92	69	44	25	31	A-7-5	MH
03	puente canal	08	35	28	25	03	0	A-2-4	SM (ML)
04	puente canal	13	27	30	24	06	0	A-2-4	SM-SC (ML)
05	conducción	26	43	38	32	06	0	A-2	SM-SC (ML)
06	conducción	20	46	37	28	09	02	A-4	SC (ML)

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Además de la clasificación de suelos, a la muestra N° 02 se sometió al ensayo de compresión triaxial con la finalidad de conocer la capacidad portante del suelo debido a que en el lugar se construirá una estructura de gran magnitud, como es el reservorio de 300 m^3 de almacenamiento, teniendo como resultados un ángulo de fricción interna de 7°, una cohesión de 1.08 Kg/cm^2 y la capacidad admisible de 4.72 Kg/cm^2. Si se desea obtener más detalles acerca de los cálculos realizados para la clasificación de suelos y compresión triaxial, se recomienda revisar el Anexo 4.

4.5. Diseño de las estructuras hidráulicas

4.5.1. Captación de fondo tipo escalera.

Consiste en una captación similar a la convencional, conformada por tres cajones colocados de manera escalonada. Cada cajón es de 0.25 m de base, 0.85 m de largo y una altura variable de 0.20 m a la izquierda y 0.15 m a la derecha. La rejilla consta de 24 barrotes rectangulares cuyas dimensiones son de 2.50 cm x 1.00 cm, separados 1.00 cm entre sí y 0.85 m de ancho. Cada cajón será anclado a la roca mediante diez varillas roscadas de 12.00 mm de diámetro.

El agua captada será dirigida a través de una tubería de hierro galvanizado de 63.00 mm de diámetro a una cámara de recolección cuyas dimensiones son de 1.00 m x 0.50 m, en el mismo existe un vertedero trapezoidal y además cuenta con una válvula de purga de 63.00 mm.

4.5.2. Captación tipo Coanda.

La rejilla Coanda tiene un largo de 0.30 m y está conformada por 29 barras tipo cuña con un ancho de 4.76 mm y un ángulo de desviación de 5.00 ° entre sí. El agua es captada mediante un cajón de 0.28 m de alto x 0.20 m de ancho y 0.30 m de fondo, la rejilla tendrá una pendiente de 50.00° respecto a la horizontal. Al igual que en la captación de fondo tipo escalera, el agua será conducida a una cámara de recolección de iguales características.

4.5.3. Desarenador.

Es una estructura rectangular alargada, cuyo ancho útil es de 1.10 m, largo de 2.75 m, profundidad de 0.60 m y una pendiente de fondo del 5.00 %. La zona de transición es de 0.70 m de ancho x 0.92 m de largo, tiene una pantalla de 1.10 m x 0.80 m con 32 orificios de 22.00 mm de diámetro colocada al terminar la zona de transición con la finalidad de generar un régimen laminar, y una zona de lodos de 0.40 m x 0.40 m que sirve para conducir los sedimentos hacia la válvula de purga. El mantenimiento se realizará por medio de una tubería de hierro galvanizado de 63.00 mm de diámetro la misma que consta de válvulas que sirven para detener el flujo dentro del desarenador y proceder a su limpieza.

4.5.4. Conducción.

La conducción es de tubería PVC de 63.00 mm de diámetro externo y 57.00 mm de diámetro interno, que conduce un caudal de 2.00 l/s con una presión de trabajo de 1.25 MPa y la velocidad promedio del flujo es de 0.78 m/s. En la cual se encuentra un desnivel aproximado de 172.00 m y se pretende una excavación típica de 0.70 m incluida una cama de arena compactada de 0.10 m con un ancho de 0.40 m.

Además, la conducción hidráulica contiene en los puntos más bajos válvulas de purga de 63.00 mm de diámetro y en los puntos altos válvulas de aire para dar protección al sistema.

4.5.5. Tanque rompe presión.

Consiste en una caja de concreto de 0.60 m x 0.60 m con una profundidad de 1.00 m, contiene una canastilla de bronce de 127.00 mm de diámetro con 52 ranuras de 10.00 mm x 10.00 mm, además, cuenta con una tubería de rebose y de limpieza para su efectivo funcionamiento.

4.5.6. Cámara de carga.

La construcción de la cámara de carga es igual al tanque rompe presión, su diferencia está en el ahogamiento que existe en cada uno de ellos, en la cámara de carga es mayor a la del tanque rompe presión.

4.5.7. Tubería forzada.

Consiste en una tubería de hierro galvanizado de 60.00 mm de diámetro externo y 55.00 mm de diámetro interno, funciona a una presión de trabajo de 4.92 MPa con una velocidad de 0.86 m/s, cuya función es soportar las grandes presiones dinámicas que se producen por el gran desnivel existente para generar hidro-energía.

4.5.8. Microturbinas TRD.

El caudal abastece ocho microturbinas TRD, ya que cada una de ellas solo consume un caudal de 0.23 l/s (14.00 l/min) y se cuenta con 2.00 l/s (120.00 l/min) y además se tiene una válvula reguladora para tiempos de estiaje cuando el caudal sea menor y el número de turbinas necesaria también disminuya.

Una vez que el fluido circule por las microturbinas será recolectado mediante una caja de concreto de 1.00 m x 1.50 m con una funcionalidad similar a la cámara de carga. Las turbinas serán soportadas en una plancha antideslizante de 5.00 mm de espesor y tiene 8 perforaciones una para cada microturbina, la misma estará apoyada sobre la caja de concreto.

4.5.9. Turbina Pelton.

La altura neta para el diseño de la turbina Pelton es de 98.55 m.c.a con una potencia efectiva de 1.64 Kw, dando como resultado una turbina con un rodete de 0.40 m de diámetro, con 32 cucharas y un solo inyector de diámetro de 8.00 mm. Las dimensiones de cada cuchara son de 24.00 mm x 22.40 mm con una profundidad de 7.20 mm.

4.5.10. Puente canal.

Es una estructura metálica que permite el paso de la tubería sobre la vía sin que esta afecte al tránsito vehicular, ya que cuenta con una altura libre de 6.50 m desde la calzada hasta la base del perfil y un ancho de 11.25 m que cubre todo el ancho de la vía incluidas las cunetas.

El perfil seleccionado que resiste adecuadamente las cargas al que será sometido es el perfil HW 250 x 255, sus columnas serán cimentadas en una zapata combinada a través de una

placa metálica de 0.50 m x 0.50 m. Las dimensiones de la zapata combinada son de 1.00 m x 1.60 m y 0.50 m de profundidad.

4.5.11. Tanque de almacenamiento.

Se trata de un reservorio de concreto armado cuya capacidad es de 300.00 m^3, tendrá un diámetro de 10.50 m con una altura total de 5.40 m, las paredes tendrán un espesor de 0.30 m y la cúpula es de 10.00 cm de espesor, la misma que se apoyará en una viga de 0.35 m x 0.45 m de dimensión. El peso del reservorio será soportado por una losa de fondo de 0.35 m de espesor y una zapata de 0.40 m de espesor x 1.00 m de ancho.

El reservorio cuenta con un sistema para eliminar excesos mediante un vertedero de rebose y su respectiva regulación mediante una caseta de válvulas, el cuál conduce el agua a la caja de rebose de 1.75 m x 0.75 m de ancho. Además, cuenta con un drenaje subterráneo en forma de espina de pescado con tubería PVC de 110.00 mm de diámetro, la cual tendrá una pendiente del 3.00 %, las mismas que serán recolectadas en una cámara de desagüe y descargadas en una zona segura. La cámara de recolección del drenaje es de 1.75 m de largo x 0.80 m de ancho, con una profundidad de 1.15 m.

4.5.12. Planta compacta de tratamiento de agua potable.

Es una planta compacta potabilizadora de agua, modelo EPF C-14 con capacidad para procesar hasta 0.14 l/s (500.00 l/h). Incluye módulos de floculación en línea, micro filtración, ionización KDF, cloración y radiación ultravioleta, tanque floculador ascendente rectangular en fibra de vidrio que permite tratar hasta 250 NTU.

4.5.13. Planta embotelladora.

Consiste en una planta capaz de producir 300 botellones al día. Incluye sistema de potabilización, llenadora, lavadora, taponadora manual y túnel de calor de 1600 watts de potencia.

4.6. Análisis financiero

En la Tabla 14 se detallan los parámetros principales del análisis financiero

Tabla 14. Resultados del análisis financiero.

	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
	CON PUENTE CANAL	SIN PUENTE CANAL	CON PUENTE CANAL	SIN PUENTE CANAL	CON PUENTE CANAL	SIN PUENTE CANAL
INVERSIÓN INICIAL $	52,690.85	50,986.04	120,058.30	118,353.49	108,156.72	106,451.91
VALOR ACTUAL NETO $	52,690.85	50,986.04	171,853.91	173,558.72	183,755.49	185,460.30
TASA INTERNA DE RETORNO %	0.00	0.00	42.62	43.22	47.16	47.89
B/C	0.00	0.00	1.27	1.27	1.30	1.30

Fuente: Los Autores, 2018.
Elaboración: Los Autores, 2018.

CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis financiero, la alternativa con la pico central hidroeléctrica y la planta embotelladora, con un valor actual neto de $ 185,460.30, una tasa interna de retorno de 45.89%y una relación beneficio-costo de 1.30 es la opción más rentable.

El caudal que circula por la zona de interés de 2.00 l/s es factible para cubrir las principales demandas de la Estación Agropecuaria UTPL.

El sistema hidro-energético se diseñó con una turbina Pelton, en el cual se aprovecha una carga neta de 98.55 m.c.a. y un caudal disponible de 2.00 l/s.

La pico central hidroeléctrica será capaz de generar 1.64 kw mediante el uso de una turbina Pelton, un generador, una batería de ciclo profundo y un inversor de DC a AC lo cual puede alimentar a una viviendo de consumo promedio.

La planta embotelladora de 300 bidones por día es un proyecto de inversión rentable, donde se proyecta el costo de cada botellón de 20 litros a $ 1.25.

La implementación del puente canal resulta 3.85 veces más costoso que pasar la tubería bajo la calzada, debido a que su costo es de $ 2,302.47 y la tubería bajo la calzada cuesta $ 597.66.

La rejilla Coanda de 0.30 m x 0.15 m asegura matemáticamente captar un caudal mínimo de 2.00 l/s y evita el uso de estructuras hidráulicas como el desarenador.

Las alternativas dos y tres resultan factibles para un proyecto de inversión, ya que sus tasas internas de retorno son del 43% y 47% respectivamente, además su relación beneficio-costo es mayor a 1, siendo 1.27 para la alternativa dos y 1.30 para la alternativa tres.

La clasificación del suelo determinó que el terreno en su gran mayoría está formado por limos y arcillas y presenta un valor de capacidad admisible de 4.72 Kg/cm^2, el cual es favorable para las cimentaciones de las estructuras hidráulicas.

Hidráulicamente el caudal de 2.00 l/s abastece a 16 microturbinas TRD colocadas en dos puntos diferentes de la conducción, debido a la gran presión que se tiene en el sistema.

RECOMENDACIONES

Abrir las válvulas de purga periódicamente, especialmente en los casos donde el caudal crece debido a que se arrastra mayor cantidad de lodos y se acumulan en el fondo del desarenador o en las cámaras hidráulicas.

La limpieza de la captación tipo escalera se la debe realizar periódicamente cada dos o tres semanas.

Para dar mayor eficiencia a la planta embotelladora es preferible fabricar los botellones de material biodegradable en lugar de reutilizar los botellones comerciales.

Se recomienda una zona esterilizada para el almacenamiento de los botellones.

Se recomienda abrir las válvulas de purga a lo largo del sistema de conducción cada 6 meses como máximo.

Impermeabilizar con mortero las estructuras del sistema de abastecimiento, cuando sea necesario o máximo cada 2 años.

Revisar trimestralmente el sistema de conducción para labores de limpieza y mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

Abarca-Durán, D. (2012). *Estudio preliminar para la instalación de una microcentral hidroeléctrica (Tesis de Grado).* Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Acosta-Alvarez, G., & Azevedo-Netto, J. M. (1976). *Manual de Hidráulica.* México D.F., México: Industria Editorial Mexicana.

Agencia de Regulación y Control de Electricidad [ARCONEL]. (23 de marzo de 2016). *Noticias*. Obtenido de http://www.regulacionelectrica.gob.ec/ecuador-posee-un-5155-de-energia-renovable/

AguaSistec. (2017). *Planta Embotelladora de Agua de Mesa.* Lima, Perú: Aguasistec.com.

Agüero-Pittman, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales.* Lima, Perú: Asociación Servicios Educativos Rurales (SER).

Agüero-Pittman, R. (2004). *Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados.* Lima, Perú: UNATSABAR.

Albán-Mora, A. (2007). Norma para la prevención y control de la contaminación ambiental del recurso suelo en centrales de generación de energía eléctrica. En Ministerio del Ambiente, *REGISTRO OFICIAL, Órgano del Gobierno del Ecuador.* Quito, Ecuador: Editorial Nacional Lexis S.A.

Aparicio-Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie.* México, D.F: Limusa S.A.

ARKIPLUS. (10 de octubre de 2016). *Abastecimiento de agua por gravedad.* Obtenido de ARKIPLUS: http://www.arkiplus.com/abastecimiento-de-agua-por-gravedad

ARQHYS. (2012). *Sistema de abastecimiento de agua.* Obtenido de ARQHYS Arquitectura: http://www.arqhys.com/contenidos/agua-sistema.html

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2010). *Manual: Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos.* Lima, Perú: ANA.

Avci, A., & Kargoz, I. (2009). A novel explicit equation for friction factor in smooth and rough pipes. *Journal of Fluids Engineering, Vol. 131*, 6.

Barr, D. I. (1981). Solutions of the Colebrook-White function for resistance to uniforme turbulent flow. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Part 2*, 529-535.

Betancourt-Jurado, M. (2007). *Diseño de un módulo interactivo de generación hidráulica de energía eléctrica (Tesis de Grado).* Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.

Brieva, A., & Bastías, L. (1991). *Normativa general de instalaciones sanitarias y pavimentación* (3a ed.). Santiago, Chile, Chile: Editorial Jurídica de Chile.

Brkić, D. (2011). Nex explicit correlations for turbulent flow friction factor. *Nuclear Engineering and Design, Vol. 241*, 4055-4059.

BUN-CA, B. U. (2002). *Manuales sobre energía renovable: Hidráulica a pequeña escala.* San José, Costa Rica: Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).

Cárdenas-Jaramillo, D. L., & Patiño-Guaraca, F. E. (2010). *Estudios y diseños definitivos del sistema de agua potable de la comunidad de Tutucán, cantón Paute, provincia del Azuay (Tesis de Grado).* Facultad de Ingeniería. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Carrión-Luzuriaga, L. A. (2013). *Diseño y elaboración de una herramienta técnico-operativa para la Guianza Turística en la ciudad de Loja (Tesis de Grado).* Loja, Ecuador: UIE, Universidad Internacional del Ecuador.

Castro, A. (2006). *Minicentrales hidroeléctricas.* Madrid, España: Instituto para la Diversficación y Ahorro de la Energía (IDAE).

CBS ING S.A. (15 de octubre de 2014). *Las captaciones Coanda*. Obtenido de CBS ING S.A Ingeniería: http://www.centralhidroelectrica.com/coanda.html

Chen, N. H. (1979). An explicit equation for friction factors in pipes. *Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals, Vol. 18*, 296-297.

Colebrook, C. F., & White, C. M. (1937). Experiments with fluid friction factor in roughened pipes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, Vol. 161*, 367-381.

Consejo Nacional de Electricidad [CONELEC]. (10 de septiembre de 2013). *Plan Maestro de Electrificación 2013 - 2022.* Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Calidad (ARCONEL): http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/vol1-Resumen-Ejecutivo-PME-2013-2022.pdf

Consejo Nacional de Planificación. (17 de febrero de 2013). *Plan Nacional del Buen Vivir.* Obtenido de Unicef: https://www.unicef.org/ecuador/Plan_Nacional_Buen_Vivir_2013-2017.pdf

Coz et. al., F. (1995). *Manual de Mini y Microcentrales Hidráulicas: una guía para el desarrollo de proyectos.* Lima, Perú: Intermediate Technology Development Group (ITDG).

Delgado López, R. (2014). *Modelo para Estudios de Ingeniería de Perfil para Proyectos de Mini Hidráulica (Tesis de Grado).* Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.

Eduardoño. (2015). *Plantas de Potabilización, procesos convencionales.* Medellín, Colombia: Eduardono.com.

Evangelides, C., Papaevangelou, G., & Tzimopoulos, C. (2010). A new explicit equation for the friction coefficient in the Darcy-Weisbach equation. *Proceedings of the Tenth Conference on Protection and Restoration of the Environment, Vol. 166*, 6-9.

Fuentes-Junco, J. d. (2004). *Análisis Morfométrico de Cuencas.* México: Instituto Nacional de Ecología [INE].

González, R. (10 de abril de 2013). *Experimento: El efecto Coanda*. Obtenido de No Solo Ingenieria: http://nosoloingenieria.com/experimento-efecto-coanda/

Grupo Verne. (noviembre de 2014). Manual de Usuario de Microturbina TRD. La Almunia de Doña Godina, Zaragoza, España.

Grupo Verne. (noviembre de 2014). Microturbina TRD para carga de baterías. La Almunia de Doña Godina, Zaragoza, España. Obtenido de www.grupoverne.com

Guachizaca-Lozano, P. C. (2017). *Diseño del sistema hidro-ornamental y didáctico para el campus de la UTPL (Tesis de Grado).* Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.

Guamán-Jaramillo, G. A. (2012). *Aplicación de SIG para el manejo de riesgos naturales en el área urbano de la ciudad de Loja (Tesis de Postgrado).* Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.

Haaland, S. E. (1983). Simple and explicit formulas for the friction factor in turbulente pipe flow. *Journal of Fluids Engineering, Vol. 105*, 89-90.

Indostra. (2015). *Catálogo General de Productos Indostra.* Guayaquil, Ecuador: Indostra.com.

Ingeniería y Servicios Ambientales [ISA]. (17 de marzo de 2016). *Ingeniería y servicios ambientales.* Obtenido de Tratamiento de Aguas, una inversión que da vida.:

http://www.isa.ec/index.php/verde/entry/tratamiento-de-aguas-una-inversion-que-da-vida?gclid=Cj0KEQjwldzHBRCfg_aImKrf7N4BEiQABJTPKAW4jqut_7mXuAyQwEuIn4t7Sl9tl9RB6YPhCgULYhkaAoAN8P8HAQ

Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas [INEA]. (1997). *Guía de Diseño para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.* Santafé de Bogotá, Colombia: Nacional de Combia.

Instituto Ecuatoriano de Normalización [CPE INEN 5-9-1]. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.* Quito, Ecuador: INEN.

Instituto Ecuatoriano de Normalización [CPE INEN 5-9-2]. (1997). *Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.* Quito, Ecuador: INEN.

Instituto Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN 1 108]. (2014). *Agua potable. Requisitos.* Quito, Ecuador: INEN.

Instituto Ecuatoriano de Normalización [NTE INEN 2 200]. (2008). *Agua Purificada Envasada, requisitos.* Quito, Ecuador: INEN.

Instituto Nacional de Salud [INS]. (2011). *Manual de Instrucciones para la Toma, Preservación y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio.* Bogotá, Colombia.

Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. (2008). *Ciencia en Canarias.* Obtenido de http://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf

Jiménez-Montoya, P., García-Meseguer, Á., & Morán-Cabré, F. (2000). *Hormigón Armado* (14va ed.). Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, SA.

Krochin, S. (2011). *Diseño Hidráulico.* Loja, Ecuador, Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.

López-Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (2da ed.). Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Maestranza Silvestre [MASIL]. (2005). *Sistemas de abastecimiento de agua.* Obtenido de Ingeniero ambiental.com: http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=840

Manadilli, G. (1997). Replace implicit equations with signominal functions. *Chemical Engineering Journal, Vol. 104*, 129-130.

Materón M, H. (1991). *Obras Hidráulicas Rurales.* Lima, Perú: Universidad del Valle.

Merritt, F. S., Loftin, M. K., & Ricketts, J. T. (1999). *Manual del Ingeniero Civil* (4ta ed.). México D.F, México: McGraw-Hill.

Moody, L. F. (1947). An approximate formula for pipe friction factors. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, Vol. 69*, 1005-1011.

Mora-Navarro, D. C., & Hurtado-Liévano, J. M. (2004). *Guía para Estudios de Prefactibilidad de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas como para de Sistemas Híbridos (Tesis de Pregrado).* Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.

Novillo-Barreno, M. (1985). Diseño de Obras Civiles y Tubería de Presión. En M. Novillo-Barreno, L. Galarza, & G. Romero, *Manual de Diseño de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas* (Vol. III, págs. 03-84). Bucaramanga, Colombia, Colombia: OLADE.

Offor, U. H., & Alabi, S. B. (2016). An accurate and computationally efficient explicit friction factor model. *Andvances in Chemical Engineering and Science, Vol. 6*, 237-245. http://dx.doi.org/10.4236/aces.2016.63024

Optimización de Procesos y Tecnologías S.A.S [OPT]. (2015). *Plantas Compactas de Tratamiento de Agua Potable.* Cali, Colombia: OPT-ing.com.

Organización Latinoamericana de Energía [OLADE]. (Diciembre de 2017). Análisis de Indicadores de Desempeño Energético del Ecuador. *ENERLAC, Vol. 1*(2), 127-139.

Ortega-Ushiña, L. A. (2014). *Abastecimiento de agua para pequeñas poblaciones con la captación tipo Coanda (Tesis de Grado).* Quito, Ecuador, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

Ortiz-Flórez, R. (2011). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.* Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

Penche, C. (1998). *Manual de Pequeña Hidráulica.* Bruselas, Bélgica: European Small Hydropower Association (ESHA).

Piñeiro, D. J. (12 de noviembre de 2009). *Henry Marie Coanda and the "Coanda effect".* Obtenido de SciELO: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402010000100012

Rivas-Loaiza, R. J. (2015). *Diseño y construcción de un modelo físico para evaluar el funcionamiento hidráulico de una captación con rejilla Coanda (Tesis de Grado).* Loja, Ecuador, Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.

Romero-Hernández, O., Romero-Hernández, S., & Wood, D. (2011). *Energías renovables.* Chapultepec, México D.F: Agencia de los Estados Unidos para el Desarollo Internacional (USAID).

Rubio-Sanjuán, I. (1964). *Elementos de Hidráulica general y aplicada con Motores hidráulicos* (5ta ed.). Barcelona, Madrid: Labor S.A.

Saldarriaga, J. (2016). *Hidráulica de tuberías. Abastecimiento de agua, redes y riegos.* Bogotá, Colombia: Alfaomega.

Samaniego-Burneo, S. G. (2015). *Simulación numérica del funcionamiento hidráulico de una rejilla de efecto Coanda utilizando metodología CFD (Tesis de Grado).* Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.

Sawin, J. L. (2016). *Energía Renovables 2016.* París, Francia: Red de Políticas en Energía Renovable para el Siglo 21 (REN21).

Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles [SENACE]. (2009). Reglamento de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. *Decreto Supremo N°017-2009-AG*.

Sousa, J., Cunha, M., & Marques, A. S. (1999). An explicit solution of the Colebrook-White equation through simulated annealing. *Water Industry Systems: modelling and optimization applications, Vol. 2*, 347-355.

Swamee, D. K., & Jain, A. K. (1976). Explicit equations for pipe flow problems. *Journal of the Hydraulics Division, Vol. 102*, 657-664.

Tapia-Nuñez, L. (2015). Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recuerso de agua. En Ministerio del Ambiente, *Registro Oficial. Libro VI del texto unficado de legislación segundaria del Minisiterio del Ambiente.* Quito, Ecuador: Editorial Nacional Lexis S.A.

Tixe, S. (2004). *Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural.* Lima, Perú: UNATSABAR.

Villón-Béjar, M. (2004). *Hidrología.* Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Villón-Béjar, M. (2005). *Diseño de Estructuras Hidráulicas* (2da ed.). Lima, Perú: Villón.

Wahl, T. L. (junio de 2001). *Hydraulic Performance of Coanda-Effect Screens.* Obtenido de Bureau of Reclamation: https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/hydraulics_lab/pubs/PAP/PAP-0877.pdf

Wahl, T. L. (julio de 2003). *Design Guidance for Coanda-Effect Screens.* Obtenido de Bureau of Reclamation: http://www.reseau-cicle.org/wp-content/uploads/riaed/pdf/R-2003-03.pdf

Wahl, T. L. (23-26 de julio de 2013). *New Testing of Coanda-Effect Screen Capacities.* Obtenido de Bureau of Reclamation: https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/hydraulics_lab/pubs/PAP/PAP-1097.pdf

Wahl, T. L., & Einhellig, R. F. (30-02 de Julio-Agosto de 2000). *Laboratory Testing and Numerical Modeling of Coanda-Effect Screens.* Obtenido de Bureau of Reclamation: https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/hydraulics_lab/pubs/PAP/PAP-0841.pdf

Zigrang, D. J., & Sylvester, N. D. (1982). Explicit approximations to the solution of Colebrook's friction factor equation. *AIChE Journal, Vol. 28*, 514-515.

ANEXOS

ANEXO 1. MATERIAL FOTOGRÁFICO

Anexo 1.1. Sistema actual de la Estación Agropecuaria UTPL



Imagen 1.1. Fotografías de la captación.
Elaboración. Los Autores, 2016.



Imagen 1.2. Fotografías de la conducción de tubería de polietileno de 2” de diámetro.
Elaboración. Los Autores, 2016.



Imagen 1.3. Fotografías de las válvulas de purga.
Elaboración. Los Autores, 2016.



Imagen 1.4. Fotografías del reservorio de 300 m^3 aproximadamente.
Elaboración. Los Autores, 2016.



Imagen 1.5. Fotografías del sistema de riego con aspersores.
Elaboración. Los Autores, 2016.

Anexo 1.2. Vegetación, topografía y flujo disponible de la zona de estudio.



Imagen 1.6. Fotografías de la vegetación en la Estación Agropecuaria.
Elaboración. Los Autores, 2016.



Imagen 1.7. Fotografías de la vegetación alrededor del cauce disponible.
Elaboración. Los Autores, 2016.



Imagen 1.8. Fotografías del agua disponible a lo largo del cauce.
Elaboración. Los Autores, 2016.

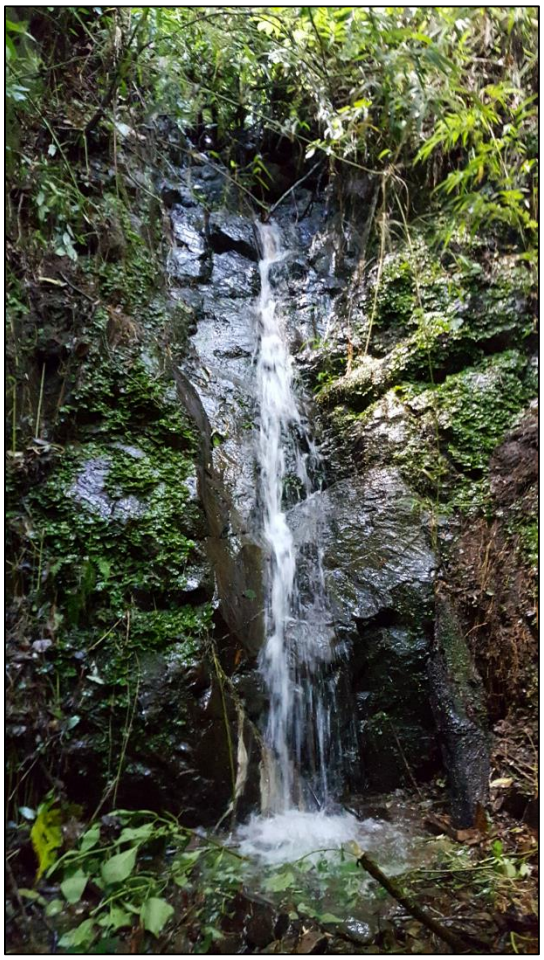


Imagen 1.9. Fotografía del punto de captación del sistema a diseñar.
Elaboración. Los Autores, 2016.

Anexo 1.3. Levantamiento topográfico



Imagen 1.10. Fotografía del equipo topográfico.
Elaboración: Los Autores, 2016.



Imagen 1.11. Fotografías de la medición de puntos.
Elaboración: Los Autores, 2016.



Imagen 1.12. Fotografías de la toma de puntos.
Elaboración: Los Autores, 2016.



Imagen 1.13. Fotografía de la señalización de puntos de referencia.
Elaboración: Los Autores, 2016.

Anexo 1.4. Estudio de suelos

1.4.1. Obtención de muestras.



Imagen 1.14. Fotografía de la muestra del reservorio.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.15. Fotografía de la muestra de la conducción.
Elaboración: Los Autores, 2017.

1.4.2. Contenido de humedad.



Imagen 1.16. Fotografía del contenido de humedad.
Elaboración: Los Autores, 2017.

1.4.3. Granulometría.



Imagen 1.17. Fotografías de la saturación de muestras.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.18. Fotografía del lavado de muestras.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.19. Fotografías de las muestras húmedas después del lavado.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.20. Fotografía de la muestra seca después del lavado.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.21. Fotografías de los tamices; a) serie gruesa y b) serie fina.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.22. Fotografías del tamizado mecánico; a) serie gruesa y b) serie fina.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.23. Fotografías del resultado del tamizado de la serie gruesa.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.24. Fotografías del resultado del tamizado de la serie fina.
Elaboración: Los Autores, 2017.

1.4.4. Límites de Atterberg.

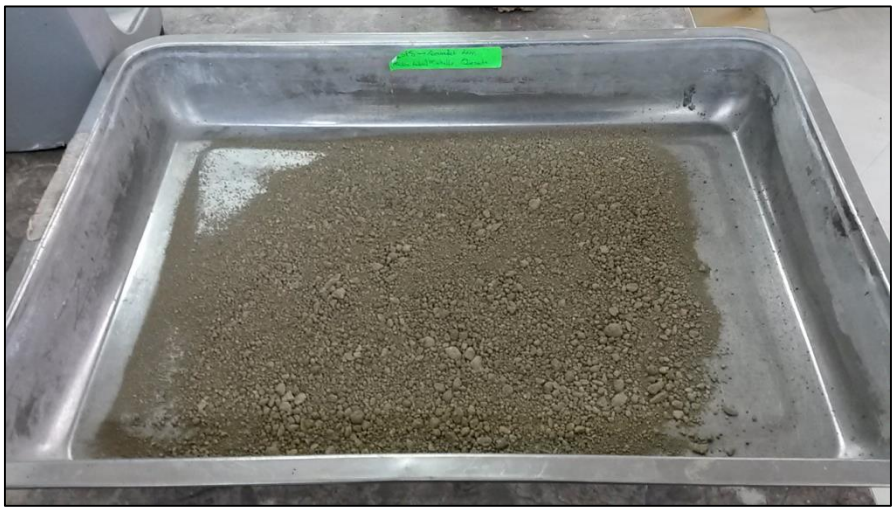


Imagen 1.25. Fotografía de la muestra para realizar los límites de Atterberg.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.26. Fotografía del aparato Casagrande para realizar los límites de Atterberg.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.27. Fotografía de los límites de Atterberg.
Elaboración: Los Autores, 2017.

1.4.5. Compresión triaxial.



Imagen 1.28. Fotografía de la máquina de compresión triaxial.
Elaboración: Los Autores, 2017.



Imagen 1.29. Fotografía de la preparación de la muestra para el ensayo de compresión triaxial.
Elaboración: Los Autores, 2017.

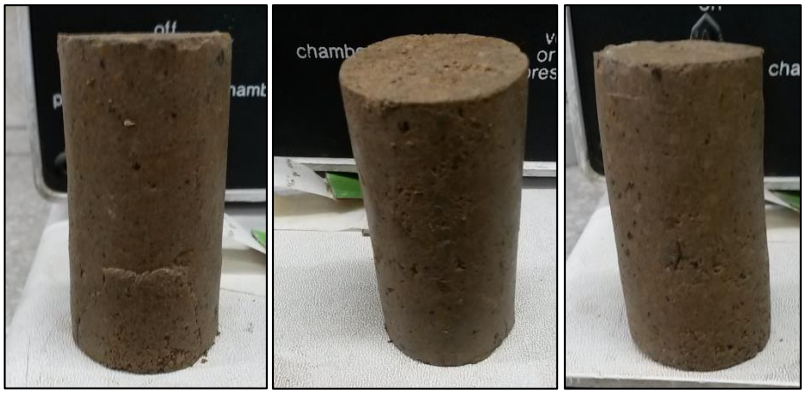


Imagen 1.30. Fotografías del resultado de las probetas ensayadas a compresión triaxial.
Elaboración: Los Autores, 2017.

ANEXO 2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El presente anexo muestra el estudio hidrológico realizado a la cuenca de la zona de estudio para el proyecto final de titulación **"Estudio y diseño del sistema hidráulico multipropósito para la Estación Agropecuaria UTPL"** con la finalidad de conocer todas sus características.

2.1. Información general

La cuenca estudiada se encuentra delimitada hasta el punto de interés situado en las coordenadas UTM 698212.404, 9548185.181 ubicadas en el sector Cajanuma, cantón Loja, provincia de Loja. Se trata de una cuenca exorreica debido a que su punto de salida está en los límites de la cuenca y su desembocadura sobre quebrada Chanchiquinuma (ver Figura 2.1).

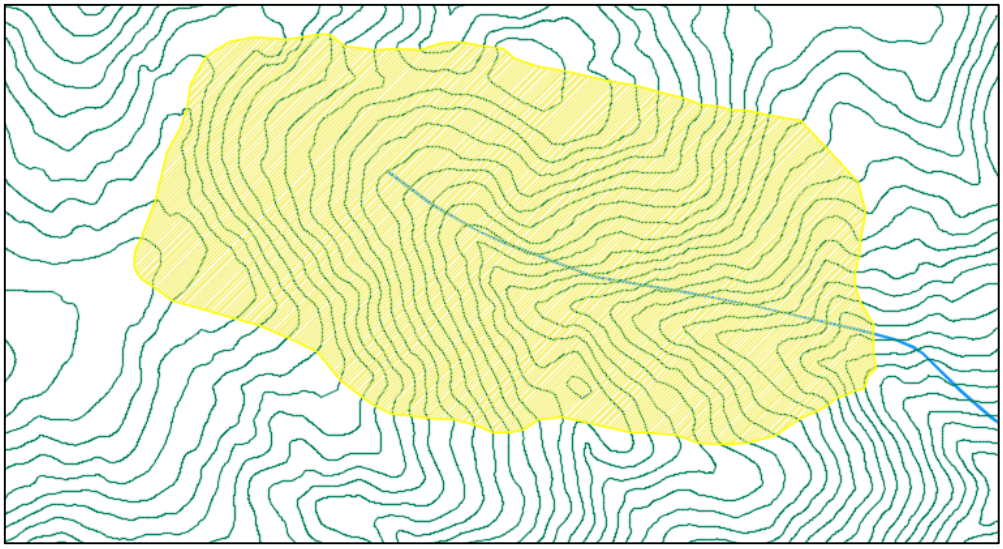


Figura 2.1. Imagen de la micro cuenca hidrográfica.
Fuente: Los Autores, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2016.

2.2. Características geomorfológicas de la cuenca

2.2.1. Datos generales.

Para dar inicio al estudio geomorfológico de la cuenca se partió de datos de la Tabla 2.1 obtenidos del mapa topográfico del nudo Cajanuma, mediante el software Autocad.

Tabla 2.1. Datos de la cuenca.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Centro de gravedad	697902.184 9548304.397	coordenadas
Punto de interés	698212.404 9548185.181	coordenadas
Área de la cuenca	175057.34	m^2
Perímetro de la cuenca	1723.24	m
Cota máxima de la cuenca	2823.00	m.s.n.m
Cota mínima de la cuenca	2498.75	m.s.n.m
Longitud axial	645.86	m
Ancho máximo	212.32	m

Fuente: Carta topográfica del IGM, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2016.

2.2.2. Parámetros relativos a la forma de la cuenca.

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, particularmente en los eventos de avenidas máximas las cuencas de igual área, pero de diferente forma generan hidrogramas diferentes.

2.2.2.1. Ancho medio.

El ancho se define como la relación entre el área y la longitud axial de la cuenca y se designa por la letra W (Monsalve, 1999). Se calcula con la ecuación (2-1).

$$W = \frac{A}{L} \tag{2-1}$$

2.2.2.2. Factor de forma de Horton.

Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Se define como la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca, como se muestra en la ecuación (2-2).

$$K_f = \frac{A}{L^2} \tag{2-2}$$

Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma. La Tabla 2.2 muestra la forma de la cuenca según el factor de forma de Horton.

Tabla 2.2. Forma de la cuenca en función al factor de forma.

FACTOR DE FORMA	FORMA DE LA CUENCA
$K_f > 1$	Redondeada
$K_f < 1$	Alargada

Fuente: Villón-Béjar, 2004.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.2.2.3. Índice de compacidad de Gravelius.

Compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia, como se muestra en la ecuación (2-3).

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \tag{2-3}$$

La Tabla 2.3 muestra la forma de la cuenca y tendencia de crecidas de la misma, en función al índice de compacidad de Gravelius.

Tabla 2.3. Forma de la cuenca en función al índice de Gravelius.

K_c	FORMA DE LA CUENCA	TENDENCIA DE CRECIDAS
1.00 – 1.25	De casi redonda a oval redonda	Alta
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga	Media
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular	Baja

Fuente: Villón-Béjar, 2004.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.2.2.4. Índice de alargamiento de Horton.

Este índice propuesto por Horton relaciona la longitud máxima de la cuenca medida a lo largo del cauce principal y el ancho máximo medido perpendicularmente; se lo calcula de acuerdo a la ecuación (2-4).

$$I_a = \frac{L}{a} \tag{2-4}$$

Cuando I_a toma valores mucho mayores a la unidad, se trata de cuencas alargadas, mientras que para valores cercanos a 1, se trata de una cuenca cuya red de drenaje presenta la forma de abanico y puede tenerse un río principal corto (ver Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Clases de alargamientos según el índice de Horton.

I_a	ALARGAMIENTO
0.0 – 1.4	Poco alargada
1.5 – 2.8	Moderadamente alargada
2.9 – 4.2	Muy alargada

Fuente: Villón-Béjar, 2004.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.2.2.5. Índice de homogeneidad.

Relación del área de la cuenca con la de un rectángulo que tiene por lado mayor la longitud axial de la cuenca y lado menor es el ancho máximo de la misma, ecuación (2-5).

$$I_h = \frac{A}{L \times a} \tag{2-5}$$

La Tabla 2.5 muestra el resultado de los parámetros referentes a la forma de la cuenca.

Tabla 2.5. Parámetros de la forma de la cuenca.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	CLASIFICACIÓN
Área	0.175	Km^2	Muy pequeña
Perímetro	1.723	Km	-
Ancho medio	0.271	Km	-
Factor de forma	0.420	-	Alargada
Índice de compacidad	1.162	-	De casi redonda a oval redonda / Tendencia alta de crecidas
Índice de alargamiento	3.042	-	Muy alargada
Índice de homogeneidad	1.277	-	-

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.2.3. Parámetros relativos al relieve de la cuenca.

Son muy importantes debido a que el relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre la respuesta hidrológica que la forma misma de la cuenca; con carácter general se puede decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

2.2.3.1. Pendiente media de la cuenca.

Es un parámetro muy importante en el estudio de toda la cuenca, tiene una relación importante y compleja con la infiltración del suelo, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a la escorrentía (Villón-Béjar, 2004).

2.2.3.1.1. Método de Alvord.

Se calcula con la ecuación (2-6), como la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante; es un índice de la velocidad media de la escorrentía y, por lo tanto, de su poder de arrastre o erosivo.

$$S_c = \frac{\sum(D_i * L_i)}{A_{total}} \tag{2-6}$$

2.2.3.1.2. Método del rectángulo equivalente.

De acuerdo a este método, la pendiente media de la cuenca es equivalente a la pendiente media del rectángulo equivalente, tal como se muestra en la ecuación (2-7).

$$S_c = \frac{H_{max} - H_{min}}{LM} \tag{2-7}$$

2.2.3.2. Rectángulo equivalente.

Es una transformación geométrica de la cuenca real en una superficie rectangular que tiene igual área y perímetro (por ende, igual índice de compacidad, distribución de alturas y terreno en cuanto a sus condiciones de cobertura). Se grafica a escala para efectos de comparación visual. En este rectángulo, las curvas de nivel se convierten en paralelas al lado menor.

La construcción de éste se realiza en base a dos factores denominados: lado mayor (LM) y lado menor (Lm) del mismo, que se calculan con la ecuaciones (2-8) y (2-9) respectivamente.

$$LM = \frac{K_c * \sqrt{A}}{1.12}\left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c}\right)^2}\right] \tag{2-8}$$

$$Lm = \frac{K_c * \sqrt{A}}{1.12}\left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c}\right)^2}\right] \tag{2-9}$$

En la Figura 2.2, se muestra el rectángulo equivalente de la presente cuenca en estudio.

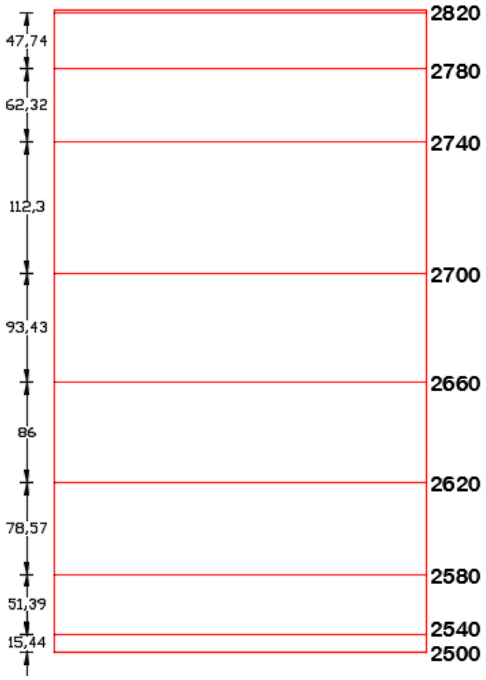


Figura 2.2. Esquema del rectángulo equivalente de la cuenca hidrográfica.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.2.3.3. Curva hipsométrica.

La curva hipsométrica es la representación gráfica del relieve de la cuenca. Se construye en base a un análisis estadístico, graficando en ordenadas la cota de referencia y en abscisas el área en porcentaje.

Es decir, representa el porcentaje de área acumulada igual o excedida por una cota determinada. La Figura 2.3 muestra la curva hipsométrica de la cuenca estudiada.

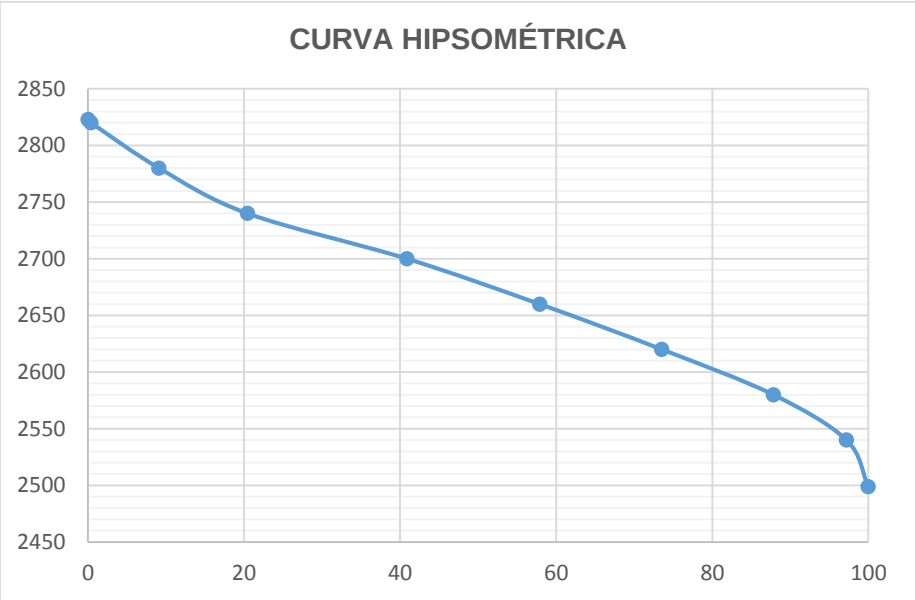


Figura 2.3. Curva hipsométrica de la cuenca hidrográfica.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.2.3.4. Elevación mediana de la cuenca.

Se determina por medio de la curva hipsométrica, corresponde al 50% del área, tal como se muestra en la Figura 2.4.

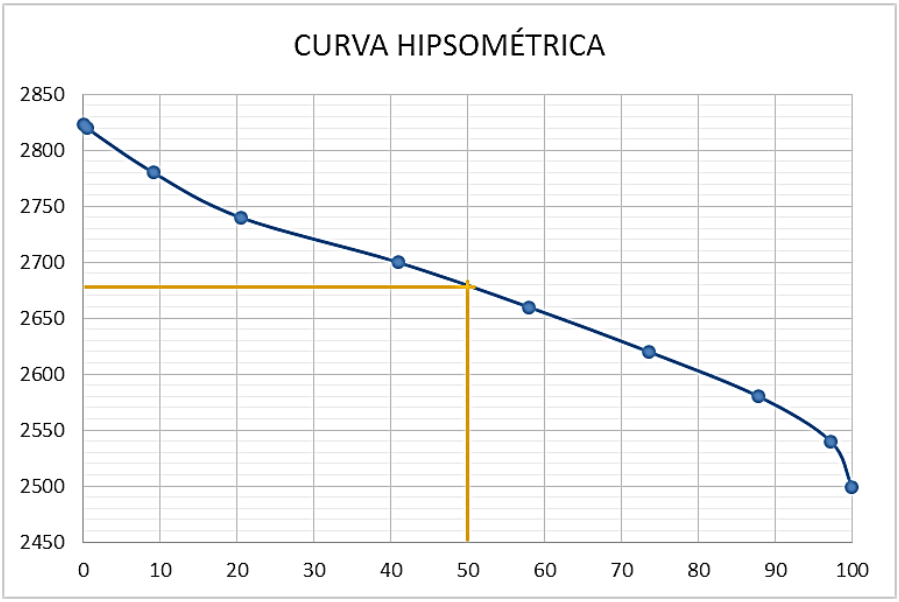


Figura 2.4. Curva hipsométrica mostrando la elevación media de la cuenca.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.2.3.5. Elevación media de la cuenca.

Es el factor físico que facilita el análisis del movimiento del agua en una cuenca, ya que la altitud está directamente relacionada con la precipitación y la temperatura. La altitud media se obtiene midiendo en el mapa de micro cuencas el área abarcada de pares sucesivos de curvas de nivel, es decir, se determina el área entre una curva de nivel y la siguiente. Una vez medidas todas las superficies entre las diversas curvas de nivel se emplea la ecuación (2-10):

$$H_m = \frac{\sum(H_i * A_i)}{A_{total}} \quad (2\text{-}10)$$

2.2.3.6. Índice de pendiente global.

Permite caracterizar el relieve utilizando información tomada de la curva hipsométrica y del rectángulo equivalente, se expresa en m/Km (Oñate, 2010). Su valor se determina a través de la ecuación (2-11).

$$I_g = \frac{(H_5 - H_{95})}{LM} \quad (2\text{-}11)$$

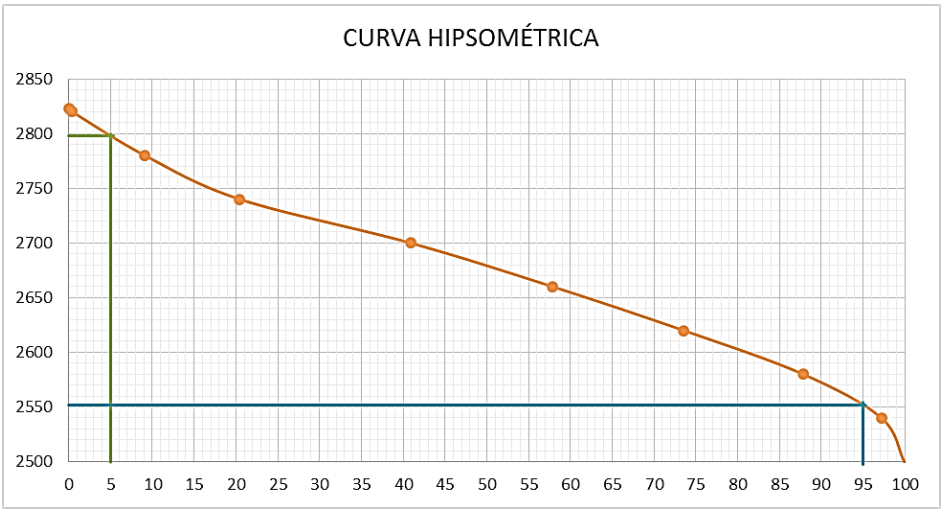


Figura 2.5. Curva hipsométrica mostrando el H5 y H95.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

A continuación, la Tabla 2.6 muestra el tipo de relieve de la cuenca de acuerdo al índice de pendiente global de la misma.

Tabla 2. 6. Tipos de relieve en función al índice de pendiente global.

TIPO DE RELIEVE	Ig
Muy débil	< 2
Débil	2 a 5
Débil moderado	5 a 10
Moderado	10 a 20
Moderado fuerte	20 a 50
Fuerte	50 a 100
Muy fuerte	100 a 200
Extrem. fuerte	> 200

Fuente: Fuentes-Junco, 2004.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.2.3.7. Desnivel específico.

Al igual que el índice de pendiente global, también permite caracterizar el relieve bajo la aplicación de la ecuación (2-12).

$$D_s = I_g \times \sqrt{A} \qquad (2\text{-}12)$$

La Tabla 2.7 muestra el tipo de relieve de la cuenca según el desnivel específico de la misma.

Tabla 2.7. Tipos de relieve de acuerdo al desnivel específico.

TIPO DE RELIEVE	Ds
Muy débil	< 10
Débil	10 a 25
Débil moderado	25 a 50
Moderado	50 a 100
Moderado fuerte	100 a 250
Fuerte	250 a 500
Muy fuerte	500 a 1000
Extrem. fuerte	1000 a 2500

Fuente: Fuentes-Junco, 2004.
Elaboración: Los Autores, 2017.

La Tabla 2.8 muestra el resultado de los parámetros referentes al relieve de la cuenca.

Tabla 2.8. Parámetros del relieve de la cuenca.

PARÁMETRO	MÉTODO	VALOR	UNIDAD	CLASIFICACIÓN
Pendiente media	Alvord	74.01	%	–
	Rectángulo equivalente	59.01	%	–
Elevación mediana	Curva hipsométrica	2678.00	m.s.n.m.	–
Elevación media	Área – Elevación	2674.78	m.s.n.m.	–
Índice de pendiente global	–	445.88	m/Km	Extremadamente fuerte
Desnivel específico	–	186.55	m	Moderado fuerte

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.2.4. Parámetros relativos a la red de drenaje.

La red de drenaje de una cuenca se refiere a las trayectorias que guardan entre sí los cauces de las corrientes naturales dentro de ella (Villón-Béjar, 2004). El drenaje de la cuenca es la mayor o menor capacidad que tiene una cuenca para evacuar las aguas que provenientes de la precipitación que queda sobre la superficie de la tierra (Oñate, 2010).

2.2.4.1. Orden de la red de drenaje.

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca (Villón-Béjar, 2004). Existen varios métodos para realizar tal clasificación. Uno de los criterios para determinar el orden de los canales en una hoya es el definido por el modelo de Strahler. Según este modelo se toman como canales de primer orden todos aquellos que no tengan afluentes. Cuando se unen dos canales de primer orden forman un canal de segundo orden y así sucesivamente como lo muestra el diagrama de la Figura 2.6.

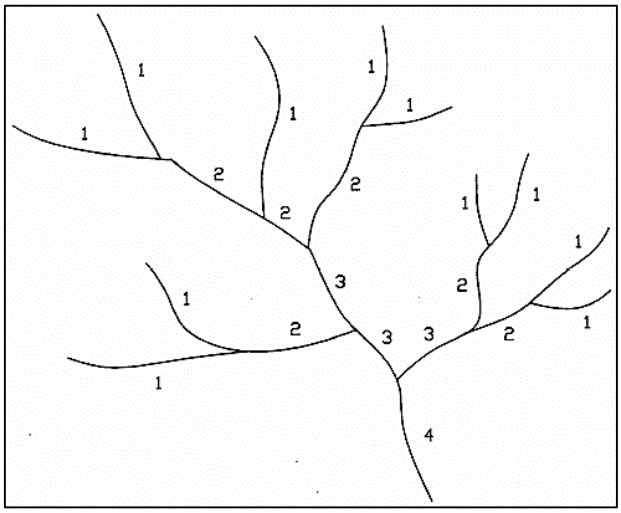


Figura 2.6. Orden de la red de drenaje según Strahler.
Fuente: Villón-Bejar, 2004.
Elaboración: Oñate, 2010.

2.2.4.2. Número de cauces.

Es la cantidad de afluentes naturales de la cuenca. Constituye una medida de energía de la cuenca de la capacidad de captación de agua y de la magnitud de la red fluvial. Un mayor

número de escurrimientos proporciona un mejor drenaje de la cuenca y, por tanto, favorece el escurrimiento.

2.2.4.3. Longitud del cauce principal.

Se define como la longitud total que recorre en la cuenca el cauce de la corriente principal, a la que vierten todas las corrientes afluentes y que entrega sus aguas en la salida de la cuenca.

2.2.4.4. Densidad de la red de cauces.

Se define como el cociente entre el número total de cauces y la superficie de la misma, tal como se muestra en la ecuación (2-13). Se expresa en cauces/Km^2 (Villón-Béjar, 2004).

$$D_r = \frac{Número\ total\ de\ cauces}{Área\ de\ la\ cuenca} = \frac{N_c}{A} \tag{2-13}$$

2.2.4.5. Densidad de drenaje.

Es un parámetro que indica la posible naturaleza de los suelos que se encuentran en la cuenca, además de dar una idea del grado de cobertura que existe en la misma (Villón-Béjar, 2004).

Se calcula con la ecuación (2-14), dividiendo la longitud total de las corrientes de la cuenca por el área total que las contiene, se expresa en Km/Km^2.

$$D_d = \frac{Longitud\ total\ de\ los\ cauces}{Área\ de\ la\ cuena} = \frac{\sum L}{A} \tag{2-14}$$

La Tabla 2.9 muestra la densidad de drenaje de la cuenca según los valores de Dd.

Tabla 2.9. Densidad de drenaje de la cuenca.

DENSIDAD DE DRENAJE	Dd
Regular	0 a 1
Normal	1 a 1.5
Buena	$>$ 1.5

Fuente: Fuentes-Junco, 2004.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.2.4.6. Pendiente media del cauce principal.

El conocimiento de la pendiente del cauce principal de una cuenca es un parámetro importante en el estudio del comportamiento de recurso hídrico para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidroeléctrico o en la solución de problemas de inundaciones.

Se determina la pendiente media utilizando el siguiente procedimiento:

a) Dibujar el perfil del río.
b) Calcular el punto pivote, usando la ecuación matemática (2-15):

$$Pv = \left[\frac{L}{2}; H_{min} + \frac{A_{bc}}{L}\right] \tag{2-15}$$

c) Trazar una línea desde el punto más bajo (H_{min}) y el punto pivote, y prolongarla, la cual será la pendiente media, lo que significa que el área sobre la línea será igual que el área bajo la línea (ver Figura 2.7). Una vez trazada la pendiente media se puede obtener su valor con la sencilla ecuación de pendiente (2-16).

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \tag{2-16}$$

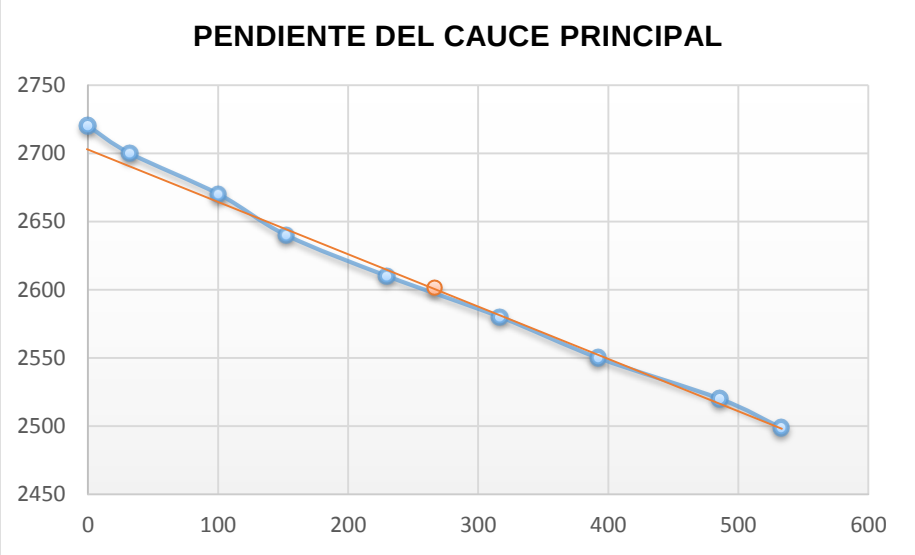


Figura 2.7. Esquema de la pendiente media del cauce principal.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

A continuación, la Tabla 2.10 muestra el terreno de la cuenca de acuerdo a la pendiente media del cauce principal.

Tabla 2.10. Descripción del terreno según la pendiente de la cuenca.

VALOR (%)	TERRENO
0 – 2	Plano o casi a nivel
2 – 4	Ligeramente inclinado
4 – 8	Moderadamente inclinado
8 – 15	Fuertemente inclinado
15 – 25	Moderadamente empinado
25 – 50	Empinado
50 – 75	Muy empinado
> 75	Extremadamente empinado

Fuente: SENACE (2009).
Elaboración: Los Autores, 2017.

La Tabla 2.11 muestra el resultado de los parámetros relativos a la red de drenaje de la cuenca.

Tabla 2.11. Parámetros de la red de drenaje de la cuenca.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	CLASIFICACIÓN
Orden de la red de drenaje	1	-	Bajo
Número de cauces	1	N°	Bajo
Longitud del cauce principal	0.533	Km	Corto
Densidad de la red de cauces	5.712	Cauces/Km^2	-
Densidad de drenaje	3.045	Km/Km^2	Moderada
Pendiente media del cauce principal	42.37	%	Terreno empinado

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.3. Precipitaciones

Para la determinación de caudales de crecida y de estiaje es necesario los datos meteorológicos que se encuentran disponibles en la página web del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) http://www.serviciometeorologico.gob.ec/.

La Tabla 2.12 muestra las estaciones pluviométricas utilizadas para el presente estudio.

Tabla 2.12. Estaciones pluviométricas cercanas a la zona de estudio.

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	INSTITUCIÓN PROPIETARIA
M033	La Argelia	AP	04°01'50"	79°11'58"	2160	INAMHI
M543	Cajanuma	PV	04°03'53"	79°11'40"	2267	PREDESUR
M143	Malacatos	CO	04°12'53"	79°16'30"	1453	INAMHI

AP = agrometeorológica, **PV** = pluviométrica y **CO** = climatológica ordinaria.
Fuente: INAMHI, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

A continuación, las Tablas 2.13, 2.14 y 2.15 muestran las precipitaciones obtenidas del INAMHI de cada estación.

Tabla 2.13. Precipitaciones históricas de la estación M033.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1969	76.4	114.4	52.3	123.4	56.2	58.8	18.5	126.2	38.4	39.5	69.3	169.1	942.5
1970	209.3	156.0	115.8	30.5	64.2	169.0	63.9	41.1	47.2	79.4	43.0	44.0	1063.4
1971	93.8	119.5	144.5	57.3	41.4	60.9	62.9	54.9	45.9	73.2	40.0	100.8	895.1
1972	111.0	116.6	201.2	104.6	62.4	55.3	102.5	24.5	49.3	42.1	111.9	83.3	1064.7
1973	119.4	169.0	119.1	60.6	52.2	58.3	75.5	41.8	33.4	22.8	43.1	49.8	845.0
1974	50.4	89.9	133.1	11.9	28.7	62.7	122.6	31.7	47.3	91.7	126.1	107.8	903.9
1975	78.3	210.8	67.9	85.4	56.3	109.0	72.5	95.4	41.1	101.4	62.8	19.4	1000.3
1976	106.5	163.8	85.2	130.9	47.0	78.9	63.3	113.1	14.4	19.7	56.0	59.6	938.4
1977	73.8	120.6	133.4	152.5	31.3	93.0	30.9	57.5	52.6	72.4	32.5	60.9	911.4
1978	50.9	50.4	132.5	8.9	25.5	47.4	47.4	43.9	43.1	25.8	16.7	44.8	537.3
1979	43.1	45.3	172.1	20.6	19.7	9.4	7.6	29.6	35.9	36.2	20.8	44.8	485.1
1980	152.3	131.7	151.2	180.0	42.7	54.7	28.8	26.9	22.4	78.6	62.4	86.9	1018.6
1981	66.9	87.6	104.2	64.1	18.1	18.6	30.9	23.6	7.2	127.5	60.9	118.1	727.7
1982	112.8	49.4	143.4	141.9	78.3	11.3	27.5	21.9	43.8	122.9	37.2	131.4	921.8
1983	139.7	133.7	220.2	78.9	68.7	27.7	52.2	13.3	37.2	94.1	12.3	138.3	1016.3
1984	49.7	210.0	173.2	101.2	57.4	84.0	75.5	30.5	46.6	96.1	73.7	54.3	1052.2

Continúa Tabla 2.13 …

… Continuación Tabla 2.13

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1985	54.2	123.1	131.2	89.3	150.5	19.9	43.1	63.0	48.9	101.3	79.9	109.5	1013.9
1986	46.7	128.4	89.2	121.2	41.0	14.8	33.1	25.4	57.2	58.1	56.3	90.0	761.4
1987	64.1	87.3	115.4	112.8	64.7	10.8	94.6	48.2	40.9	84.8	126.6	71.7	921.9
1988	116.4	143.9	84.9	111.1	55.2	26.8	65.6	46.6	45.0	73.8	70.6	65.2	905.1
1989	159.2	161.6	205.3	47.6	63.0	44.3	34.7	34.1	64.2	130.1	14.8	20.7	979.6
1990	131.7	161.3	142.8	131.1	77.1	83.0	43.8	33.2	27.1	85.4	107.8	115.0	1139.3
1991	113.1	153.5	197.0	59.6	70.1	64.0	39.2	61.9	30.9	61.0	22.6	66.5	939.4
1992	83.5	125.3	94.1	97.0	57.6	47.7	50.4	15.7	34.4	47.1	103.5	64.5	820.8
1993	85.4	105.4	317.2	93.4	23.4	50.3	62.7	29.2	45.6	91.5	48.0	188.1	1140.2
1994	213.8	77.6	285.5	123.3	54.1	53.8	81.5	69.3	37.0	29.6	42.8	104.6	1172.9
1995	59.7	88.0	93.4	52.8	64.7	9.8	33.6	19.9	22.3	36.8	129.0	121.3	731.3
1996	98.3	126.9	153.5	97.8	30.9	46.5	38.6	34.4	37.1	57.9	13.0	27.0	761.9
1997	68.1	109.2	101.2	69.9	46.2	20.7	50.2	35.2	42.0	59.9	73.6	123.9	800.1
1998	40.4	101.9	136.2	88.5	51.2	75.2	49.5	35.7	31.4	115.5	86.4	39.2	851.1
1999	135.6	310.2	133.1	88.2	119.8	52.0	60.7	50.1	77.2	27.8	48.5	117.2	1220.4
2000	152.1	178.5	192.1	105.0	81.8	86.8	37.1	50.3	67.7	31.6	25.4	57.6	1066.0
2001	82.8	116.6	68.3	69.8	63.7	86.9	81.2	52.1	42.0	33.5	128.0	98.3	923.2
2002	102.0	99.2	53.5	126.7	68.2	39.2	62.8	5.9	18.2	67.7	71.4	70.6	785.4
2003	80.3	113.3	188.0	68.8	92.4	53.9	34.1	6.9	25.0	73.3	56.5	106.8	899.3
2004	48.1	119.0	177.6	198.7	46.5	85.4	47.5	12.1	25.2	125.8	95.3	96.3	1077.5
2005	46.4	134.5	173.6	157.6	33.0	79.0	15.3	13.4	18.1	86.2	62.5	98.3	917.9
2006	138.1	88.8	188.3	82.7	33.6	78.5	33.7	13.2	22.5	37.2	93.1	90.6	900.3
2007	50.1	66.3	93.5	99.1	80.7	120.0	11.3	152.4	55.0	55.7	152.5	77.6	1014.2
2008	62.3	251.0	237.9	137.8	74.6	51.3	89.5	89.7	20.6	136.4	102.9	126.3	1380.3
2009	133.0	90.2	134.4	93.1	43.3	29.8	55.7	61.9	55.6	69.7	26.0	118.4	911.1
2010	59.4	109.6	46.3	75.8	70.7	77.5	31.1	46.2	60.6	34.4	60.0	81.1	752.7
2011	58.2	205.3	131.4	154.5	87.1	56.1	101.0	56.2	89.8	80.9	124.0	163.7	1308.2
2012	147.0	201.6	60.5	97.8	82.1	82.2	16.6	32.0	32.8	116.4	110.1	117.3	1096.4

Fuente: INAMHI, 2016.

Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.14. Precipitaciones históricas de la estación M543.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1969	95.3	136.6	69.1	146.4	73.3	76.1	32.3	149.5	53.9	55.1	87.6	196.1	1171.4
1970	239.9	181.9	138.2	45.4	82.0	196.0	81.7	56.9	63.5	98.6	59.0	60.0	1303.0
1971	114.2	142.2	220.4	93.6	77.5	93.0	59.4	60.9	70.1	73.3	54.1	131.8	1190.5
1972	128.6	144.9	274.5	185.7	48.5	50.7	66.1	29.9	41.1	61.6	110.3	143.0	1284.9
1973	224.5	236.7	176.4	146.9	55.7	71.9	82.5	74.5	42.1	36.0	59.6	125.0	1331.8
1974	85.0	121.4	194.1	70.0	43.4	96.0	96.3	95.7	33.2	135.0	93.7	112.6	1176.4
1975	93.9	176.2	78.3	140.6	42.4	176.9	70.2	83.3	44.8	107.1	39.8	32.4	1085.9
1976	134.5	190.4	147.2	204.5	65.3	87.6	92.9	104.0	16.7	35.0	116.3	101.9	1296.3
1977	89.1	87.9	141.1	217.5	19.6	94.6	22.6	67.5	57.5	91.8	37.1	75.0	1001.3
1978	45.9	79.7	257.4	121.1	84.5	77.3	67.8	62.5	36.9	53.5	57.4	49.9	993.9
1979	50.5	71.0	257.5	97.9	29.6	16.8	30.9	75.3	46.3	58.5	17.7	80.6	832.6
1980	173.7	245.4	202.1	158.1	54.8	42.0	31.2	28.9	33.4	74.6	74.2	98.7	1217.1
1981	91.7	96.8	217.2	94.2	19.6	41.2	41.5	16.2	7.4	82.1	87.1	113.0	908.0
1982	141.6	120.7	119.6	101.4	88.6	9.8	45.8	35.8	38.9	149.8	155.8	172.1	1179.9
1983	193.3	243.4	304.0	117.2	85.7	44.2	39.6	16.0	66.0	110.7	29.2	160.0	1409.3
1984	81.0	206.6	185.4	147.6	59.3	126.9	87.6	67.7	52.9	95.5	72.9	70.8	1254.2
1985	92.6	103.4	122.2	93.9	191.5	19.2	39.5	97.6	45.5	111.1	91.2	129.4	1137.1
1986	80.3	183.7	221.4	147.9	50.0	21.2	33.7	25.5	80.8	58.6	112.7	125.9	1141.7
1987	83.6	115.3	202.5	161.7	91.1	32.5	107.6	52.9	27.9	94.0	58.4	77.0	1104.5

Continúa Tabla 2.14 …

… Continuación Tabla 2.14

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1988	146.5	182.5	155.1	139.9	82.3	35.7	84.4	51.3	33.7	93.7	82.8	68.6	1156.5
1989	156.4	198.3	284.5	86.6	93.0	69.4	58.3	55.9	49.7	95.6	33.2	21.5	1202.4
1990	134.5	204.4	157.2	126.3	85.3	73.6	30.4	24.6	26.6	129.7	125.8	132.0	1250.4
1991	99.9	199.9	270.6	144.2	103.1	89.6	19.5	78.8	27.0	64.6	67.7	106.1	1271.0
1992	112.6	132.1	110.3	121.1	64.1	50.9	49.7	7.8	52.9	43.7	103.6	68.4	917.2
1993	103.9	99.0	339.8	103.6	27.6	61.0	65.0	28.6	44.2	151.4	87.5	251.2	1362.8
1994	300.0	74.1	197.4	120.9	87.3	65.9	60.0	96.6	31.8	59.9	44.6	117.8	1256.3
1995	57.6	121.9	97.1	50.3	92.3	6.7	31.8	10.2	18.4	28.2	89.1	126.7	730.3
1996	114.7	178.7	148.7	100.8	41.9	38.7	26.3	28.8	16.0	43.8	19.7	43.2	801.3
1997	160.2	106.8	122.3	88.2	62.4	34.7	66.8	50.5	57.9	77.3	92.2	147.0	1066.3
1998	56.1	123.0	160.4	108.5	67.9	94.0	66.4	37.8	22.4	115.5	92.9	63.0	1007.8

Fuente: INAMHI, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.15. Precipitaciones históricas de la estación M143.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1969	73.0	13.6	47.7	232.2	0.0	19.7	0.0	16.8	39.0	50.3	141.2	91.7	725.2
1970	81.7	105.7	92.9	49.5	50.0	18.9	1.0	3.2	15.3	87.6	113.9	49.2	668.9
1971	115.2	92.5	250.9	74.7	25.7	60.4	4.0	2.3	38.3	23.1	20.0	61.7	768.8
1972	50.4	73.4	265.7	99.3	18.5	13.4	0.0	43.6	10.3	90.1	100.5	120.2	885.4
1973	34.6	84.0	70.6	139.6	48.0	44.8	25.5	5.0	29.7	23.3	14.2	86.2	605.5
1974	61.6	126.8	175.0	72.7	14.4	11.1	19.4	1.7	21.4	59.2	114.0	56.0	733.3
1975	40.7	192.6	79.3	143.2	61.9	70.1	58.2	70.6	2.6	117.5	50.6	17.0	904.3
1976	112.3	155.2	112.2	116.9	55.8	8.0	16.8	23.9	18.0	41.8	24.9	93.1	778.9
1977	76.2	55.8	49.6	119.3	1.2	13.3	0.2	26.4	48.3	75.8	10.2	47.6	523.9
1978	37.3	64.9	138.4	65.6	105.0	4.9	26.6	5.5	9.5	0.5	32.8	46.7	537.7
1979	56.6	39.0	284.9	87.1	17.0	1.0	0.8	45.7	59.8	38.6	5.6	43.6	679.7
1980	96.3	138.9	68.1	118.2	10.5	6.3	0.8	3.4	25.2	94.0	71.3	27.2	660.2
1981	59.2	81.6	178.2	35.9	46.1	4.6	1.4	2.8	6.0	70.7	31.8	103.4	621.7
1982	106.9	49.1	65.3	70.3	49.6	0.0	0.0	0.0	24.6	78.6	125.5	242.5	812.4
1983	168.7	53.3	152.0	70.4	58.0	14.3	2.1	0.0	3.6	126.6	2.4	40.0	691.4
1984	58.6	222.5	178.0	88.4	50.1	8.3	17.0	8.5	67.4	107.7	60.8	4.6	871.9
1985	70.9	28.9	78.2	60.3	72.4	0.0	0.0	18.0	34.7	77.6	33.4	148.8	623.2
1986	37.7	114.9	120.0	92.5	51.0	0.0	0.0	37.7	70.5	35.9	74.9	63.6	698.7
1987	46.2	11.8	136.6	117.1	86.9	0.0	9.6	2.6	8.4	17.0	35.4	15.1	486.7
1988	107.7	163.3	25.3	102.9	38.0	19.1	16.8	7.2	8.2	51.5	69.6	70.1	679.7
1989	138.7	96.7	179.6	70.4	12.6	10.2	0.0	0.0	130.7	80.7	18.0	49.0	786.6
1990	105.2	129.4	22.4	279.8	13.2	7.6	21.3	4.1	11.9	59.1	101.9	37.2	793.1
1991	103.2	30.7	233.8	72.6	94.3	0.6	12.1	0.0	51.9	27.4	264.0	15.8	906.4
1992	44.4	22.7	147.2	28.8	17.6	3.3	0.0	0.1	40.8	0.0	52.5	80.1	437.5
1993	64.5	187.7	187.0	68.2	28.5	6.4	0.0	0.0	20.1	134.6	18.9	98.5	814.4
1994	102.2	64.6	78.3	43.0	30.7	0.0	0.0	18.6	4.8	48.0	42.8	63.7	496.7
1995	10.4	81.2	118.5	84.0	26.0	0.0	0.0	3.5	0.0	8.6	62.5	38.8	433.5
1996	38.7	84.1	151.0	41.8	16.2	0.0	0.0	0.0	17.7	68.4	0.0	0.0	417.9
1997	68.1	4.1	40.0	98.6	19.4	7.1	0.0	0.0	18.8	72.1	119.6	41.6	489.4
1998	49.7	136.4	108.6	79.2	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	141.1	62.6	588.2

Fuente: INAMHI, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.3.1. Precipitación en el sitio de interés.

Se determina las precipitaciones para la micro-cuenca en estudio mediante la aplicación del método del U.S Weather Service que estima la precipitación en un punto como un promedio

ponderado de otras cuatro estaciones cada una ubicada en un cuadrante formado por las líneas norte-sur y este-oeste, en este caso se aplicará la ecuación (2-17) con 3 estaciones que se encuentren más próximas a la zona del proyecto.

$$Pmx = \frac{\frac{Pma}{Da^2} + \frac{Pmb}{Db^2} + \frac{Pmc}{Dc^2} + \frac{Pmd}{Dd^2}}{\frac{1}{Da^2} + \frac{1}{Db^2} + \frac{1}{Dc^2} + \frac{1}{Dd^2}} \quad (2\text{-}17)$$

El factor de ponderación es el inverso del cuadrado de la distancia entre la estación y el punto de interés que en nuestro caso es el centro de gravedad de la cuenca. En la Tabla 2.16 me muestra el factor de ponderación para cada estación.

Tabla 2.16. Parámetros para aplicar el método US. Weather Service.

ESTACIÓN		DISTANCIAS AL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA CUENCA (m)	FACTOR DE PONDERACIÓN
A	Cajanuma	3354.876	8.88479 E-08
B	La Argelia	6294.081	2.52427 E-08
C	Malacatos	15754.817	4.02878 E-09

Fuente: INAMHI, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Los resultados conseguidos se presentan en la Tabla 2.17.

Tabla 2.17. Precipitaciones históricas del punto de interés.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1969	90.5	127.7	64.8	144.4	67.1	70.5	28.2	140.0	50.1	51.6	85.5	186.8	1107.2
1970	228.0	173.8	131.9	42.4	77.1	184.2	75.1	51.7	58.4	94.1	57.5	56.2	1230.2
1971	109.9	135.7	205.2	85.2	68.0	85.0	58.3	57.6	63.8	71.6	49.9	122.8	1113.0
1972	122.2	136.4	258.5	165.4	50.4	50.4	71.6	29.2	41.8	58.4	110.3	129.5	1224.2
1973	195.6	217.0	160.5	128.2	54.7	68.1	79.1	65.1	39.8	32.7	54.5	107.6	1203.0
1974	76.8	114.9	180.4	57.7	39.3	86.0	99.3	78.8	35.8	123.2	101.3	109.6	1103.1
1975	88.8	184.2	76.1	128.9	46.0	158.7	70.3	85.5	42.6	106.2	45.1	29.1	1061.4
1976	127.8	183.5	132.8	185.8	61.1	83.0	84.0	103.2	16.3	32.0	100.3	92.6	1202.2
1977	85.4	93.8	136.3	200.3	21.5	91.5	23.6	64.0	56.1	87.1	35.2	71.1	965.8
1978	46.7	72.9	226.6	95.2	72.6	68.4	62.0	56.6	37.3	45.8	47.9	48.7	880.8
1979	49.1	64.4	240.2	81.0	27.1	14.7	24.9	64.5	44.5	53.1	17.9	71.7	753.1
1980	166.5	217.5	186.7	161.4	50.7	43.5	29.7	27.6	30.8	76.1	71.6	93.7	1155.7
1981	85.3	94.3	191.7	85.8	20.2	35.1	37.9	17.3	7.3	91.4	79.6	113.8	859.7
1982	134.3	103.0	122.8	109.0	85.1	9.8	40.3	31.6	39.5	141.6	129.4	165.8	1112.2
1983	181.0	213.5	280.9	107.4	81.1	39.7	41.0	14.9	57.7	107.7	24.7	151.3	1300.8
1984	73.5	207.9	182.5	135.7	58.6	113.7	82.6	57.7	52.0	96.0	72.7	65.0	1198.0
1985	83.7	105.1	122.6	91.8	178.7	18.7	38.9	87.5	45.9	107.9	86.8	125.8	1093.2
1986	71.7	169.5	189.7	140.3	48.1	19.1	32.4	25.9	75.4	57.7	99.4	116.1	1045.3
1987	78.2	105.8	181.6	149.7	85.3	26.8	101.5	50.2	30.0	89.4	72.2	73.8	1044.4
1988	138.7	173.6	135.7	132.5	75.0	33.2	78.1	48.8	35.2	88.0	79.7	67.9	1086.5
1989	156.4	187.0	264.0	77.7	83.8	62.0	51.3	49.3	55.6	102.5	28.7	22.3	1140.6

Continúa Tabla 2.17 …

… Continuación Tabla 2.17

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1990	132.9	192.6	149.5	132.6	81.1	73.4	33.0	25.7	26.2	117.8	121.1	125.1	1211.1
1991	102.8	184.2	253.6	123.7	95.7	81.1	23.5	72.5	28.7	62.6	64.8	94.6	1187.7
1992	104.1	126.9	108.1	112.8	61.1	48.6	48.2	9.2	48.5	42.9	101.8	68.0	880.2
1993	98.6	103.4	329.8	100.2	26.7	56.9	62.3	27.8	43.7	138.0	76.7	232.5	1296.5
1994	274.8	74.5	212.2	118.8	78.3	61.1	62.5	88.1	32.0	53.0	44.2	113.1	1212.6
1995	56.4	113.3	97.0	52.0	84.1	7.1	31.1	12.0	18.6	29.4	96.7	122.5	720.4
1996	108.6	164.4	149.8	98.1	38.7	39.0	28.0	29.0	20.6	47.7	17.6	38.3	779.8
1997	137.4	103.8	115.0	84.6	57.5	30.8	61.0	45.5	53.2	73.4	89.2	138.5	989.7
1998	52.5	118.9	153.5	103.2	62.4	86.8	60.5	36.1	23.6	111.6	93.2	57.9	960.1
1999	135.6	310.2	133.1	88.2	119.8	52.0	348.6	257.4	404.5	200.3	160.4	739.5	2949.7
2000	152.1	178.5	192.1	105.0	81.8	86.8	37.1	50.3	67.7	31.6	25.4	57.6	1066.0
2001	82.8	116.6	68.3	69.8	63.7	86.9	81.2	52.1	42.0	33.5	128.0	98.3	923.2
2002	102.0	99.2	53.5	126.7	68.2	39.2	62.8	5.9	18.2	67.7	71.4	70.6	785.4
2003	80.3	113.3	188.0	68.8	92.4	53.9	34.1	6.9	25.0	73.3	56.5	106.8	899.3
2004	48.1	119.0	177.6	198.7	46.5	85.4	47.5	12.1	25.2	125.8	95.3	96.3	1077.5
2005	46.4	134.5	173.6	157.6	33.0	79.0	15.3	13.4	18.1	86.2	62.5	98.3	917.9
2006	138.1	88.8	188.3	82.7	33.6	78.5	33.7	13.2	22.5	37.2	93.1	90.6	900.3
2007	50.1	66.3	93.5	99.1	80.7	120.0	11.3	152.4	55.0	55.7	152.5	77.6	1014.2
2008	62.3	251.0	237.9	137.8	74.6	51.3	89.5	89.7	20.6	136.4	102.9	126.3	1380.3
2009	133.0	90.2	134.4	93.1	43.3	29.8	55.7	61.9	55.6	69.7	26.0	118.4	911.1
2010	59.4	109.6	46.3	75.8	70.7	77.5	31.1	46.2	60.6	34.4	60.0	81.1	752.7
2011	58.2	205.3	131.4	154.5	87.1	56.1	101.0	56.2	89.8	80.9	124.0	163.7	1308.2
2012	147.0	201.6	60.5	97.8	82.1	82.2	16.6	32.0	32.8	116.4	110.1	117.3	1096.4

Fuente: INAMHI, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.4. Caudales

2.4.1. Caudales medios mensuales.

2.4.1.1. Aforo in situ.

Se realizó aforos “in situ” a lo largo del año mediante el uso de un vertedero triangular de 90° cuya ecuación del caudal es la (2-18).

$$Q = Cd \times h^{5/2} \quad (2\text{-}18)$$

En la Figura 2.8 se muestra el aforo con vertedero y en la Tabla 2.18 se muestran los resultados.



Figura 2.8. Fotografía del aforo con vertedero realizado “in situ”.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.18. Resultados del aforo in situ.

h (cm)	Q (l/s)
7.80	2.38
8.00	2.53
7.50	2.16
8.20	2.70
Qm	**2.44**

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.4.1.2. Método racional.

El método racional permite determinar el caudal generado a partir de la precipitación de lluvia (Tabla 2.17), el coeficiente de escorrentía, el área de la cuenca (Tabla 2.1) y el número de días que llovió, aplicando la ecuación (2-19).

$$Q = \frac{C \times P_{mx} \times A}{8.64 \times N} \qquad (2\text{-}19)$$

2.4.1.2.1. Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía es la variable menos precisa del método racional, su uso implica una relación fija entre la tasa de escorrentía pico y la tasa de lluvia para la cuenca de drenaje, lo que no es cierto en realidad.

El coeficiente de escorrentía también depende de las características y las condiciones del suelo, la intensidad de la lluvia y la proximidad del nivel freático. Debe escogerse un coeficiente razonable para representar los efectos integrados para todos estos factores. En la Tabla 2.19 se dan algunos coeficientes de escorrentía para diferentes tipos de superficies.

Tabla 2.19. Coeficiente de escorrentía (C).

TIPO DE TERRENO	VALORES DE K				VALOR TOMADO
1. Relieve del terreno	40	30	20	10	40
	Muy accidentado, pendientes superiores al 30%.	Accidentado, pendientes entre el 10% y el 30%	Ondulado, pendientes entre el 5% y el 10%	Llano, pendientes inferiores al 5%	
2. Permeabilidad del suelo	20	15	10	5	15
	Muy permeable, roca	Bastante impermeable, arcilla	Bastante permeable, normal	Muy permeable, arena	
3. Vegetación	20	15	10	5	5
	Ninguna	Poca, menos del 10% de la superficie	Bastante, hasta el 50% de la superficie	Mucha, hasta el 90% de la superficie	
4. Capacidad de almacenaje de agua	20	15	10	5	15
	Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	
K	75 – 100	50 – 75	30 – 50	25 – 30	**75**
C	0.65 – 0.80	0.50 – 0.65	0.35 – 0.50	0.20 – 0.35	**0.65**

Fuente: Memoria del I seminario de Hidrología, Sedimentología y Meteorología Convenio INERHI-UTPL, 1990.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Además de la Tabla 2.19 se utilizó la Tabla 2.20 para determinar el coeficiente de escorrentía según Benítez (1980), la cual está en función de la permeabilidad del suelo, la cobertura y la pendiente de la cuenca.

Tabla 2.20. Coeficiente de escorrentía (C).

COBERTURA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE (%)				
		> 50	**20-50**	**5-20**	**1-5**	**0-1**
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Benítez et al. (1980) citado por Lemus & Navarro (2003).
Elaboración: Los Autores, 2017.

De la Tabla 2.20 se obtiene los resultados mostrados en la Tabla 2.21.

Tabla 2.21. Coeficiente de escorrentía (C).

PARÁMETRO	PASTOS	BOSQUE	TOTAL
Área	30%	70%	100%
C	0.60	0.55	0.57

Fuente: Benítez et al. (1980) citado por Lemus & Navarro (2003).
Elaboración: Los Autores, 2017.

Los coeficientes de escorrentía obtenidos en las Tablas 2.19 y 2.21 se promedian para obtener el valor definitivo de C teniendo como resultado 0.61.

2.4.1.2.2. Días de lluvia.

En la Tabla 2.22 se muestran los días de lluvia por mes obtenidas de los anuarios meteorológicos del INAMHI.

Tabla 2.22. Días de lluvia.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	19	22	26	24	24	26	18	21	25	14	12	19
2001	20	22	20	17	22	14	21	16	15	15	19	21
2002	21	22	18	19	16	13	19	4	12	23	21	19
2003	22	21	25	23	21	22	13	8	10	14	15	21
2004	12	16	27	20	23	22	23	11	14	21	21	18
2005	14	22	24	23	19	19	10	11	11	18	11	19
2006	23	19	25	17	15	18	13	16	15	13	18	16
2007	23	18	22	25	18	23	6	17	22	0	0	19
2008	21	28	24	24	19	15	25	20	16	21	16	19
2009	26	24	23	19	21	19	23	20	21	21	12	19
2010	18	21	22	21	18	24	15	11	14	9	12	18
2011	23	21	20	26	22	21	24	15	18	14	15	26
2012	27	24	25	19	23	15	16	16	13	18	19	21

Fuente: INAMHI, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Una vez que se tiene la información de las precipitaciones, el coeficiente de escorrentía, los días de lluvia, y el área de la cuenca se aplica la ecuación del método racional para obtener los caudales medios mensuales, los mismos que se muestran en la Tabla 2.23.

Tabla 2.23. Caudales medios mensuales de la micro cuenca hidrográfica en l/s.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1969	3.97	5.60	2.84	6.34	2.95	3.09	1.24	6.15	2.20	2.27	3.75	8.20
1970	10.01	7.63	5.79	1.86	3.38	8.09	3.30	2.27	2.56	4.13	2.52	2.47
1971	4.82	5.96	9.01	3.74	2.99	3.73	2.56	2.53	2.80	3.14	2.19	5.39
1972	5.36	5.99	11.35	7.26	2.21	2.21	3.14	1.28	1.84	2.56	4.84	5.68
1973	8.59	9.53	7.05	5.63	2.40	2.99	3.47	2.86	1.75	1.44	2.39	4.72
1974	3.37	5.04	7.92	2.53	1.72	3.77	4.36	3.46	1.57	5.41	4.45	4.81

Continúa Tabla 2.23 …

… Continuación Tabla 2.23

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1975	3.90	8.08	3.34	5.66	2.02	6.97	3.09	3.75	1.87	4.66	1.98	1.28
1976	5.61	8.06	5.83	8.16	2.68	3.64	3.69	4.53	0.71	1.40	4.40	4.06
1977	3.75	4.12	5.98	8.79	0.94	4.02	1.04	2.81	2.46	3.82	1.55	3.12
1978	2.05	3.20	9.95	4.18	3.19	3.00	2.72	2.48	1.64	2.01	2.10	2.14
1979	2.16	2.83	10.54	3.56	1.19	0.64	1.09	2.83	1.96	2.33	0.79	3.15
1980	7.31	9.55	8.19	7.09	2.23	1.91	1.30	1.21	1.35	3.34	3.14	4.12
1981	3.74	4.14	8.42	3.77	0.89	1.54	1.66	0.76	0.32	4.01	3.50	4.99
1982	5.89	4.52	5.39	4.78	3.73	0.43	1.77	1.39	1.73	6.22	5.68	7.28
1983	7.95	9.37	12.33	4.72	3.56	1.74	1.80	0.65	2.53	4.73	1.08	6.64
1984	3.23	9.13	8.01	5.96	2.57	4.99	3.63	2.53	2.28	4.22	3.19	2.85
1985	3.67	4.61	5.38	4.03	7.84	0.82	1.71	3.84	2.01	4.74	3.81	5.52
1986	3.15	7.44	8.33	6.16	2.11	0.84	1.42	1.14	3.31	2.53	4.36	5.10
1987	3.43	4.64	7.97	6.57	3.75	1.17	4.45	2.20	1.32	3.92	3.17	3.24
1988	6.09	7.62	5.96	5.82	3.29	1.46	3.43	2.14	1.55	3.86	3.50	2.98
1989	6.87	8.21	11.59	3.41	3.68	2.72	2.25	2.17	2.44	4.50	1.26	0.98
1990	5.83	8.46	6.56	5.82	3.56	3.22	1.45	1.13	1.15	5.17	5.32	5.49
1991	4.51	8.09	11.13	5.43	4.20	3.56	1.03	3.18	1.26	2.75	2.84	4.15
1992	4.57	5.57	4.75	4.95	2.68	2.13	2.11	0.41	2.13	1.88	4.47	2.98
1993	4.33	4.54	14.48	4.40	1.17	2.50	2.73	1.22	1.92	6.06	3.37	10.21
1994	12.06	3.27	9.31	5.21	3.44	2.68	2.75	3.87	1.40	2.33	1.94	4.97
1995	2.48	4.97	4.26	2.28	3.69	0.31	1.37	0.53	0.82	1.29	4.25	5.38
1996	4.77	7.22	6.58	4.31	1.70	1.71	1.23	1.27	0.90	2.09	0.77	1.68
1997	6.03	4.56	5.05	3.72	2.52	1.35	2.68	2.00	2.33	3.22	3.91	6.08
1998	2.31	5.22	6.74	4.53	2.74	3.81	2.66	1.58	1.03	4.90	4.09	2.54
1999	5.95	13.62	5.84	3.87	5.26	2.28	15.30	11.30	17.76	8.79	7.04	32.46
2000	6.68	7.84	8.43	4.61	3.59	3.81	1.63	2.21	2.97	1.39	1.12	2.53
2001	3.63	5.12	3.00	3.06	2.80	3.81	3.56	2.29	1.84	1.47	5.62	4.32
2002	4.48	4.35	2.35	5.56	2.99	1.72	2.76	0.26	0.80	2.97	3.13	3.10
2003	3.53	4.97	8.25	3.02	4.06	2.37	1.50	0.30	1.10	3.22	2.48	4.69
2004	2.11	5.22	7.80	8.72	2.04	3.75	2.09	0.53	1.11	5.52	4.18	4.23
2005	2.04	5.90	7.62	6.92	1.45	3.47	0.67	0.59	0.79	3.78	2.74	4.32
2006	6.06	3.90	8.27	3.63	1.48	3.45	1.48	0.58	0.99	1.63	4.09	3.98
2007	2.20	2.91	4.10	4.35	3.54	5.27	0.50	6.69	2.41	2.45	6.69	3.41
2008	2.73	11.02	10.44	6.05	3.27	2.25	3.93	3.94	0.90	5.99	4.52	5.54
2009	5.84	3.96	5.90	4.09	1.90	1.31	2.45	2.72	2.44	3.06	1.14	5.20
2010	2.61	4.81	2.03	3.33	3.10	3.40	1.37	2.03	2.66	1.51	2.63	3.56
2011	2.55	9.01	5.77	6.78	3.82	2.46	4.43	2.47	3.94	3.55	5.44	7.19
2012	6.45	8.85	2.66	4.29	3.60	3.61	0.73	1.40	1.44	5.11	4.83	5.15
Qm	4.74	6.33	7.10	4.98	2.91	2.82	2.58	2.40	2.14	3.53	3.42	5.04

Fuente: INAMHI, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

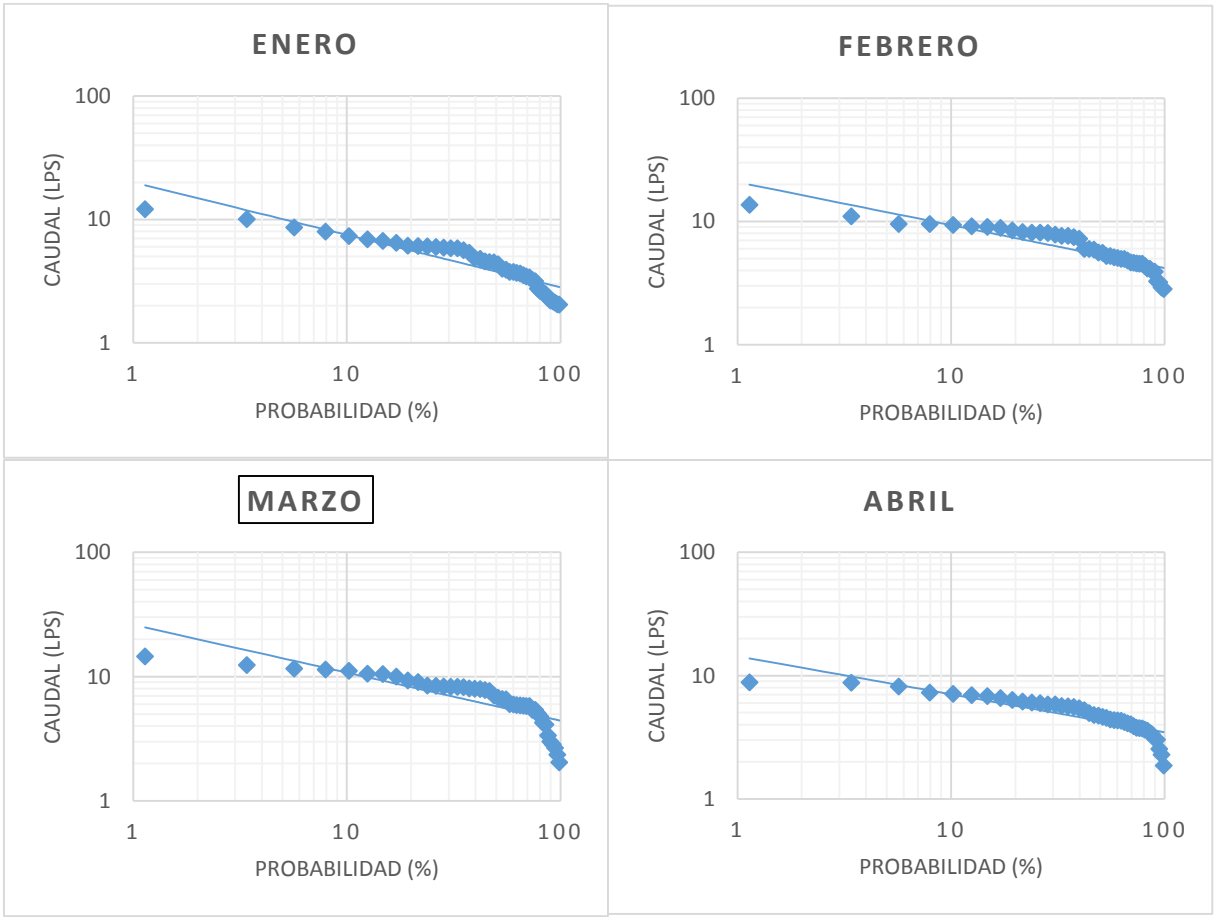
2.4.1.3. Curva de variación estacional.

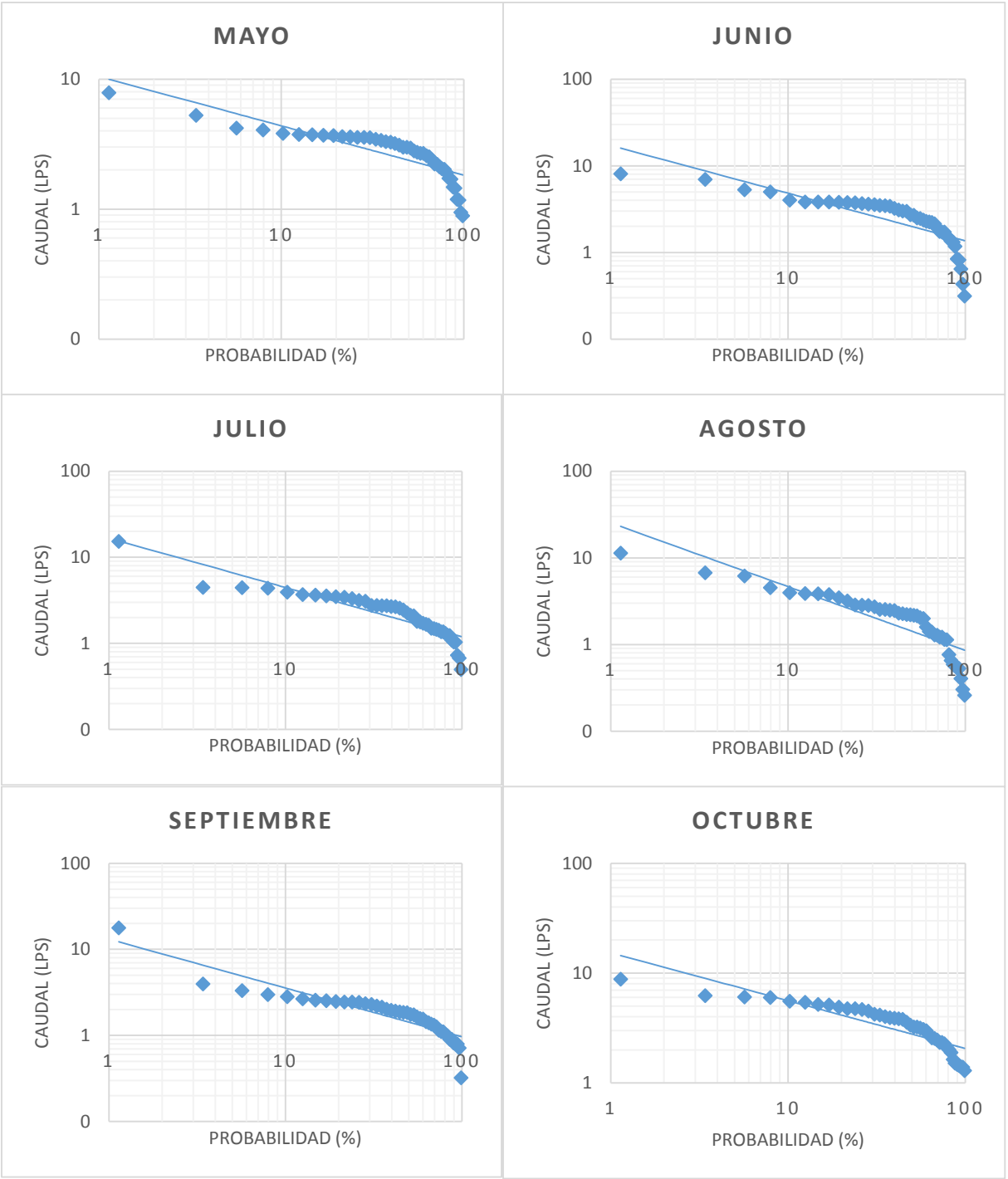
La curva de variación estacional permite definir la distribución de los caudales medios mensuales a lo largo del tiempo, de esta forma se conoce las temporadas secas y las de abundancia.

Para construir la curva es necesario ordenar mensualmente los caudales de la Tabla 23 de mayor a menor asignándoles un número de orden (m) para todos los años del período (n) y se calcula la probabilidad de ocurrencia (P_r) mediante la ecuación de Hazen (2-20).

$$P_r = \frac{2m-1}{2n} \times 100 \qquad \text{(2-20)}$$

Se grafican las curvas de duración para cada mes en escala logarítmica (ver Figura 2.29), colocando los caudales en ordenadas, para posteriormente obtener las probabilidades exactas del 5%, 25%, 50%, 75% y 90% interpolando en las gráficas el valor del caudal para cada mes (Oñate, 2010).




MAYO
CAUDAL (LPS)
PROBABILIDAD (%)
JUNIO
CAUDAL (LPS)
PROBABILIDAD (%)
JULIO
CAUDAL (LPS)
PROBABILIDAD (%)
AGOSTO
CAUDAL (LPS)
PROBABILIDAD (%)
SEPTIEMBRE
CAUDAL (LPS)
PROBABILIDAD (%)
OCTUBRE
CAUDAL (LPS)
PROBABILIDAD (%)

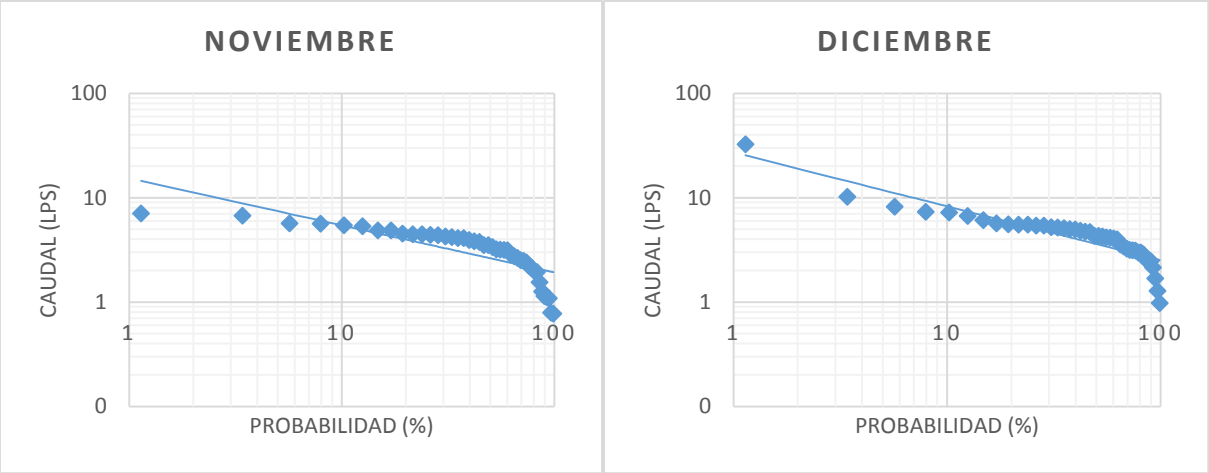


Figura 2.9. Curvas de duración de cada mes.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Con los datos obtenidos de las gráficas (ver Tabla 2.24) se grafica la curva de variación estacional (ver Figura 2.10) colocando los meses en abscisas y los caudales en ordenadas. Analizando las mismas puede observarse, para cada una de las probabilidades, los meses en que habrá los mayores caudales y en los que sucederán los más bajos (Oñate, 2010).

Tabla 2.24. Caudales medios mensuales (l/s) para las diferentes probabilidades de ocurrencia.

P (%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5	9.01	9.99	11.81	8.33	4.52	5.78	4.44	6.31	3.50	6.11	5.99	8.80
25	5.99	8.09	8.42	6.00	3.58	3.69	3.22	2.85	2.43	4.70	4.43	5.44
50	4.40	5.59	6.89	4.66	2.97	2.70	2.18	2.18	1.79	3.28	3.43	4.32
75	3.19	4.55	5.39	3.75	2.08	1.72	1.39	1.17	1.13	2.30	2.29	3.11
90	2.20	3.84	2.98	3.06	1.42	0.84	1.04	0.53	0.82	1.47	1.14	2.43

Fuente: INAMHI, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

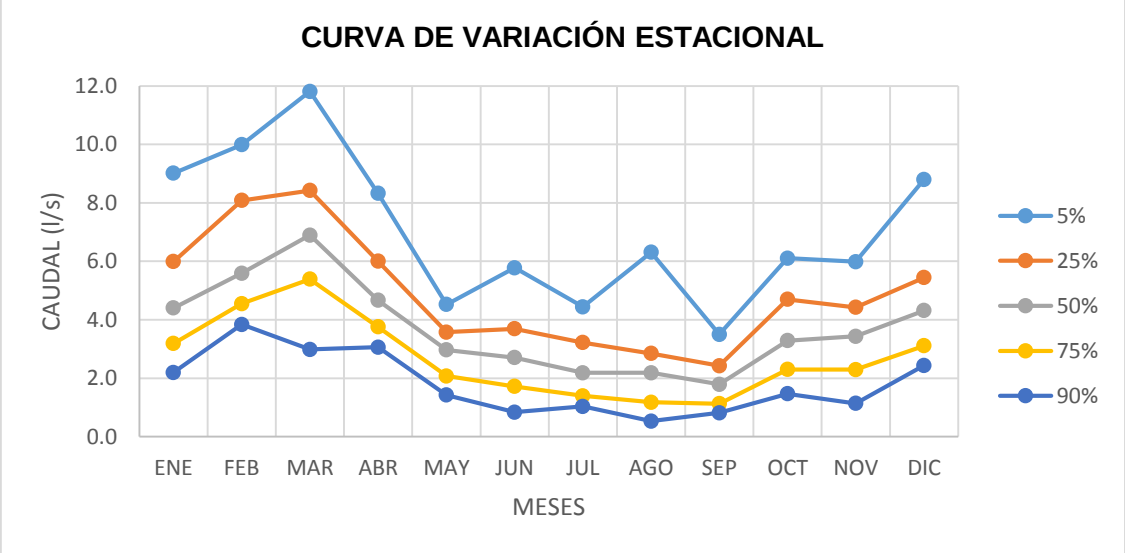


Figura 2.10. Curvas de variación estacional.
Fuente: INAMHI, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.4.2. Caudal de máxima crecida.

Para la determinación del caudal de crecida se aplicaron varios métodos con el fin de dar un mayor grado de seguridad a los resultados y seleccionar el método más acorde a la zona de estudio. Vale indicar que el método más refinado o con más parámetros no necesariamente es el más apropiado (Oñate, 2010).

2.4.2.1. Métodos estadísticos.

Estos métodos se basan en varias distribuciones de probabilidad que se aplican en un registro de caudales instantáneos, mensuales o anuales recomendándose series mayores a 20 años para obtener valores más consistentes.

2.4.2.1.1. Método de Gumbel.

Estima valores máximos de una variable asumiendo que estos valores son independientes entre sí, para su desarrollo se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

1. Calcular el caudal medio (Q_m) de todos los datos obtenidos (ver Tabla 2.25).
2. Encontrar la desviación típica y la variable reducida mediante las ecuaciones (2-21) y (2-22):

$$SQ = \sqrt{\frac{\sum(Q_i - Q_m)^2}{n\ -1}} \qquad (2\text{-}21) \qquad\qquad Y = -Ln\left(-Ln\left(1 - \frac{1}{Tr}\right)\right) \qquad (2\text{-}22)$$

3. Con los datos obtenidos anteriormente calcular el caudal máximo $Q_{máx}$ (ver Tabla 2.27) aplicando la ecuación (2-23):

$$Q_{máx} = Q_m + \frac{SQ}{Sn}(Y - Y_n) \qquad (2\text{-}23)$$

   Los valores de las constantes Sn y Yn se obtienen de la Tabla 2.26 en función de los años de registro.

4. Seguidamente se debe determinar el rango de confianza dentro del cual puede variar el $Q_{máx}$ (ver Tabla 2.28) calculando Γ con la ecuación (2-24).

$$\Gamma = 1 - \frac{1}{Tr} \qquad (2\text{-}24)$$

   Si Γ varía entre 0.2 y 0.8

$$\Delta Q = \pm W \frac{SQ}{Sn\sqrt{N}} \qquad (2\text{-}25)$$

   En cambio, si Γ es mayor a 0.9

$$\Delta Q = \pm \frac{1{,}14 \times SQ}{Sn} \qquad (2\text{-}26)$$

5. Finalmente se calcula el caudal de diseño ($Q_{diseño}$) aplicando la ecuación (2-27):

$$Q_{diseño} = Q_{máx} + \Delta Q \qquad (2\text{-}27)$$

A continuación, en las Tablas 2.25 a 2.28 se muestran los cálculos del método de Gumbel.

Tabla 2.25. Caudales máximos históricos de la cuenca hidrográfica.

AÑO	Qmáx	AÑO	Qmáx	AÑO	Qmáx	AÑO	Qmáx
1969	8.199	1980	9.547	1991	11.134	2002	5.562
1970	10.008	1981	8.416	1992	5.572	2003	8.253
1971	9.009	1982	7.279	1993	14.476	2004	8.723
1972	11.350	1983	12.332	1994	12.065	2005	7.621
1973	9.527	1984	9.125	1995	5.380	2006	8.266
1974	7.920	1985	7.844	1996	7.217	2007	6.695
1975	8.084	1986	8.327	1997	6.079	2008	11.019
1976	8.156	1987	7.974	1998	6.737	2009	5.900
1977	8.791	1988	7.621	1999	32.463	2010	4.811
1978	9.950	1989	11.589	2000	8.433	2011	9.013
1979	10.544	1990	8.456	2001	5.619	2012	8.850
						Qm	**9.089**

Fuente: INAMHI, 2016.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.26. Valores de Yn y Sn. Método de Gumbel.

n	Yn	Sn	n	Yn	Sn	n	Yn	Sn
2	0.4043	0.4984	31	0.5371	1.1159	60	0.5521	1.1747
3	0.4286	0.6435	32	0.5380	1.1193	62	0.5527	1.1770
4	0.4458	0.7315	33	0.5388	1.1226	64	0.5533	1.1793
5	0.4588	0.7928	34	0.5396	1.1255	66	0.5538	1.1814
6	0.4690	0.8388	35	0.5403	1.1285	68	0.5543	1.1834
7	0.4774	0.8749	36	0.5410	1.1313	70	0.5548	1.1854
8	0.4843	0.9043	37	0.5418	1.1339	72	0.5552	1.1873
9	0.4902	0.9288	38	0.5424	1.1363	74	0.5557	1.1890
10	0.4952	0.9497	39	0.5430	1.1388	76	0.5561	1.1906
11	0.4996	0.9676	40	0.5436	1.1413	78	0.5565	1.1923
12	0.5035	0.9833	41	0.5442	1.1436	80	0.5569	1.1938
13	0.5070	0.9972	42	0.5448	1.1458	82	0.5572	1.1953
14	0.5100	1.0095	43	0.5453	1.1480	84	0.5576	1.1967
15	0.5128	1.0206	44	0.5458	1.1499	86	0.5580	1.1980
16	0.5157	1.0316	45	0.5463	1.1519	88	0.5583	1.1994
17	0.5181	1.0411	46	0.5468	1.1538	90	0.5586	1.2007
18	0.5202	1.0493	47	0.5473	1.1557	92	0.5589	1.2020
19	0.5220	1.0566	48	0.5477	1.1574	94	0.5592	1.2032
20	0.5236	1.0628	49	0.5481	1.1590	96	0.5595	1.2044
21	0.5252	1.0696	50	0.5485	1.1607	98	0.5598	1.2055
22	0.5368	1.0754	51	0.5489	1.1623	100	0.5600	1.2065
23	0.5283	1.0811	52	0.5493	1.1638	150	0.5646	1.2253
24	0.5296	1.0864	53	0.5497	1.1653	200	0.5672	1.2360
25	0.5309	1.0915	54	0.5501	1.1667	250	0.5688	1.2429
26	0.5320	1.0961	55	0.5504	1.1681	300	0.5699	1.2479
27	0.5332	1.1004	56	0.5508	1.1696	400	0.5714	1.2545
28	0.5343	1.1047	57	0.5511	1.1708	500	0.5724	1.2588
29	0.5353	1.1086	58	0.5515	1.1721	750	0.5738	1.2651
30	0.5362	1.1124	59	0.5518	1.1734	1000	0.5745	1.2685

Fuente: Hidrología en la ingeniería (Monsalve, 2008).
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.27. Caudales máximos según Gumbel para diferentes períodos de retorno.

Tr	Y	Yn	Sn	SQ	Q_{max}
25	3.20	0.5458	1.1499	4.146	18.653
50	3.90	0.5458	1.1499	4.146	21.189
100	4.60	0.5458	1.1499	4.146	23.706
500	6.21	0.5458	1.1499	4.146	29.523
1000	6.91	0.5458	1.1499	4.146	32.023

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.28. Coeficiente ΔQ para ajustar el caudal máximo.

Tr	Γ	ΔQ
25	0.96	4.110
50	0.98	4.110
100	0.99	4.110
500	1.00	4.110
1000	1.00	4.110

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Finalmente se obtiene un caudal de diseño de máxima crecida de **25.30 l/s**.

2.4.2.1.2. Método de Levediev.

Este método se aplica a caudales máximos instantáneos, mensuales o anuales (Oñate, 2010). Para su desarrollo se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

1. Calcular el caudal medio (Q_m) de todos los datos obtenidos (ver Tabla 2.25).
2. Encontrar el coeficiente (Ti) para cada uno de los caudales registrados (ver Tabla 2.29), el coeficiente de variación (Cv), el coeficiente de simetría (Cs) y la probabilidad de ocurrencia (P%) – Tabla 2.30, mediante las ecuaciones (2-28) a (2-31):

$$Ti = \frac{Q_i}{Q_m} \quad (2\text{-}28) \qquad Cv = \sqrt{\frac{\sum(Ti-1)^2}{N}} = 0.45 \quad (2\text{-}29)$$

$$Cs = \frac{\sum(Ti-1)^3}{N \times Cv^3} = 1.353 \quad (2\text{-}30) \qquad Pr\% = \frac{1}{Tr} \times 100 \quad (2\text{-}31)$$

   Además, Cs se determina de acuerdo a las condiciones del sitio de análisis, en este caso se aplica para tormentas normales, es decir, 3Cv y se escoge el mayor valor.

3. Con los datos obtenidos anteriormente calcular el caudal máximo $Q_{máx}$ (ver Tabla 2.33) aplicando la ecuación (2-32).

$$Q_{máx} = Q_m \times (KCv + 1) \quad (2\text{-}32)$$

   El valor de la constante K se obtiene interpolando la Tabla 2.31 en función de Cs y P% y sus resultados se muestran en la Tabla 2.32.

4. Seguidamente es necesario determinar el rango de variación del caudal máximo ΔQ (ver Tabla 2.34) a través de la aplicación de la ecuación matemática (2-33).

$$\Delta Q = \pm \frac{A \times Er \times Q_m}{\sqrt{N}} \quad (2\text{-}33)$$

El coeficiente de A de la ecuación anterior varía entre 0.7 y 1.5 dependiendo del número de años de la serie, en este caso se adopta 1.25.

El valor de Er se obtiene de la Figura 2.11 en función de Cv y P%.

5. Finalmente se calcula el caudal de diseño ($Q_{diseño}$) aplicando la ecuación (2-27).

A continuación, en las Tablas 2.29 a 2.34 se muestran los cálculos del método de Levediev.

Tabla 2.29. Coeficiente Ti.

AÑO	Ti	AÑO	Ti	AÑO	Ti	AÑO	Ti
1969	0.902	1980	1.050	1991	1.225	2002	0.612
1970	1.101	1981	0.926	1992	0.613	2003	0.908
1971	0.991	1982	0.801	1993	1.593	2004	0.960
1972	1.249	1983	1.357	1994	1.327	2005	0.838
1973	1.048	1984	1.004	1995	0.592	2006	0.909
1974	0.871	1985	0.863	1996	0.794	2007	0.737
1975	0.889	1986	0.916	1997	0.669	2008	1.212
1976	0.897	1987	0.877	1998	0.741	2009	0.649
1977	0.967	1988	0.838	1999	3.572	2010	0.529
1978	1.095	1989	1.275	2000	0.928	2011	0.992
1979	1.160	1990	0.930	2001	0.618	2012	0.974

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.30. Probabilidades de ocurrencia.

Tr	P%
25	4.0
50	2.0
100	1.0
500	0.2
1000	0.1

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.31. Valores de K según Ribkin.

P% / Cs	0.01	0.1	1	2	5	10	25	50	75	80	90	95	99	99.9
0.0	3.72	3.09	2.33	2.06	1.64	1.28	0.67	0.00	-0.67	-0.84	-1.28	-1.64	-2.33	-3.09
0.1	3.94	3.23	2.40	2.11	1.67	1.20	0.66	-0.02	-0.68	-0.85	-1.27	-1.61	-2.25	-2.95
0.2	4.16	3.38	2.47	2.16	1.70	1.30	0.65	-0.03	-0.69	-0.85	-1.26	-1.58	-2.18	-2.81
0.3	4.38	3.52	2.54	2.21	1.72	1.31	0.64	-0.05	-0.70	-0.85	-1.24	-1.55	-2.10	-2.67
0.4	4.61	3.66	2.61	2.26	1.75	1.32	0.63	-0.07	-0.71	-0.85	-1.23	-1.52	-2.03	-2.54
0.5	4.83	3.81	2.62	2.31	1.77	1.33	0.62	-0.08	-0.71	-0.85	-1.22	-1.49	-1.96	-2.40
0.6	5.05	3.96	2.75	2.35	1.80	1.33	0.61	-0.10	-0.72	-0.85	-1.20	-1.45	-1.88	-2.27
0.7	5.28	4.10	2.82	2.40	1.82	1.33	0.59	-0.12	-0.72	-0.85	-1.18	-1.42	-1.81	-2.14
0.8	5.50	4.24	2.89	2.45	1.84	1.34	0.58	-0.13	-0.73	-0.86	-1.17	-1.38	-1.74	-2.02
0.9	5.73	4.38	2.96	2.50	1.86	1.34	0.57	-0.15	-0.73	-0.85	-1.15	-1.35	-1.66	-1.90

Continúa Tabla 2.31 …

… Continuación Tabla 2.31

P% / Cs	0.01	0.1	1	2	5	10	25	50	75	80	90	95	99	99.9
1.0	5.96	4.53	3.02	2.54	1.88	1.34	0.55	-0.16	-0.73	-0.85	-1.13	-1.32	-1.59	-1.79
1.1	6.18	4.67	3.09	2.58	1.89	1.34	0.54	-0.18	-0.74	-0.84	-1.10	-1.28	-1.52	-1.68
1.2	6.41	4.81	3.15	2.62	1.91	1.34	0.52	-0.19	-0.74	-0.84	-1.08	-1.24	-1.45	-1.58
1.3	6.64	4.95	3.21	2.61	1.92	1.34	0.51	-0.21	-0.74	-0.84	-1.06	-1.20	-1.38	-1.48
1.4	6.87	5.09	3.27	2.71	1.94	1.34	0.49	-0.22	-0.73	-0.83	-1.04	-1.17	-1.31	-1.39
1.5	7.09	5.28	3.33	2.74	1.95	1.33	0.47	-0.24	-0.73	-0.82	-1.02	-1.13	-1.26	-1.31
1.6	7.31	5.37	3.39	2.78	1.96	1.33	0.46	-0.25	-0.73	-0.81	-0.99	-1.10	-1.20	-1.24
1.7	7.54	5.50	3.44	2.82	1.97	1.32	0.44	-0.27	-0.72	-0.81	-0.97	-1.06	-1.14	-1.17
1.8	7.76	5.64	3.50	2.85	1.98	1.32	0.42	-0.28	-0.72	-0.80	-0.94	-1.02	-1.09	-1.11
1.9	7.98	5.77	3.55	2.88	1.99	1.31	0.40	-0.29	-0.72	-0.79	-0.92	-0.98	-1.04	-1.05
2.0	8.21	5.91	3.60	2.91	2.00	1.30	0.39	-0.31	-0.71	-0.78	-0.90	-0.95	-0.99	-1.00
2.1	8.21	6.06	3.65	2.94	2.00	1.29	0.37	-0.32	-0.70	-0.77	-0.87	-0.92	-0.95	-0.95
2.2	8.21	6.20	3.70	2.97	2.01	1.28	0.35	-0.33	-0.69	-0.75	-0.85	-0.89	-0.90	-0.91
2.3	8.21	6.34	3.75	3.00	2.01	1.27	0.33	-0.34	-0.68	-0.74	-0.82	-0.85	-0.87	-0.87
2.4	8.21	6.47	3.79	3.03	2.01	1.25	0.32	-0.35	-0.67	-0.72	-0.79	-0.82	-0.83	-0.83
2.5	8.21	6.60	3.83	3.06	2.01	1.24	0.30	-0.36	-0.66	-0.70	-0.77	-0.79	-0.80	-0.80
2.6	8.21	6.73	3.87	3.09	2.01	1.23	0.28	-0.37	-0.65	-0.68	-0.74	-0.76	-0.77	-0.78
2.7	8.21	6.86	3.91	3.12	2.01	1.21	0.26	-0.38	-0.63	-0.67	-0.72	-0.73	-0.74	-0.74
2.8	8.21	6.99	3.95	3.15	2.02	1.20	0.24	-0.38	-0.62	-0.63	-0.70	-0.71	-0.71	-0.71
2.9	8.21	7.12	3.99	3.18	2.02	1.19	0.22	-0.39	-0.61	-0.64	-0.67	-0.69	-0.69	-0.69
3.0	8.21	7.25	4.02	3.20	2.02	1.18	0.20	-0.40	-0.60	-0.62	-0.67	-0.65	-0.66	-0.67

Fuente: Oñate, 2010.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.32. Coeficiente K para Cs y las probabilidades necesarias.

P% / Cs	0.1	0.2	1	2	4	5
1.3	4.95	4.76	3.21	2.61	2.15	1.92
1.4	5.09	4.89	3.27	2.71	2.20	1.94
1.353	**5.02**	**4.83**	**3.24**	**2.66**	**2.17**	**1.93**

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.33. Caudales máximos según Levediev para diferentes períodos de retorno.

Tr	P%	K	Q_{max}
25	4	2.17	18.001
50	2	2.66	20.001
100	1	3.24	22.374
500	0.2	4.83	28.866
1000	0.1	5.02	29.677

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.34. Coeficiente ΔQ para ajustar el caudal máximo.

Tr	P%	Er	A	ΔQ
25	4	0.62	1.25	1.062
50	2	0.67	1.25	1.148
100	1	0.70	1.25	1.199
500	0.2	0.79	1.25	1.353
1000	0.1	0.80	1.25	1.370

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

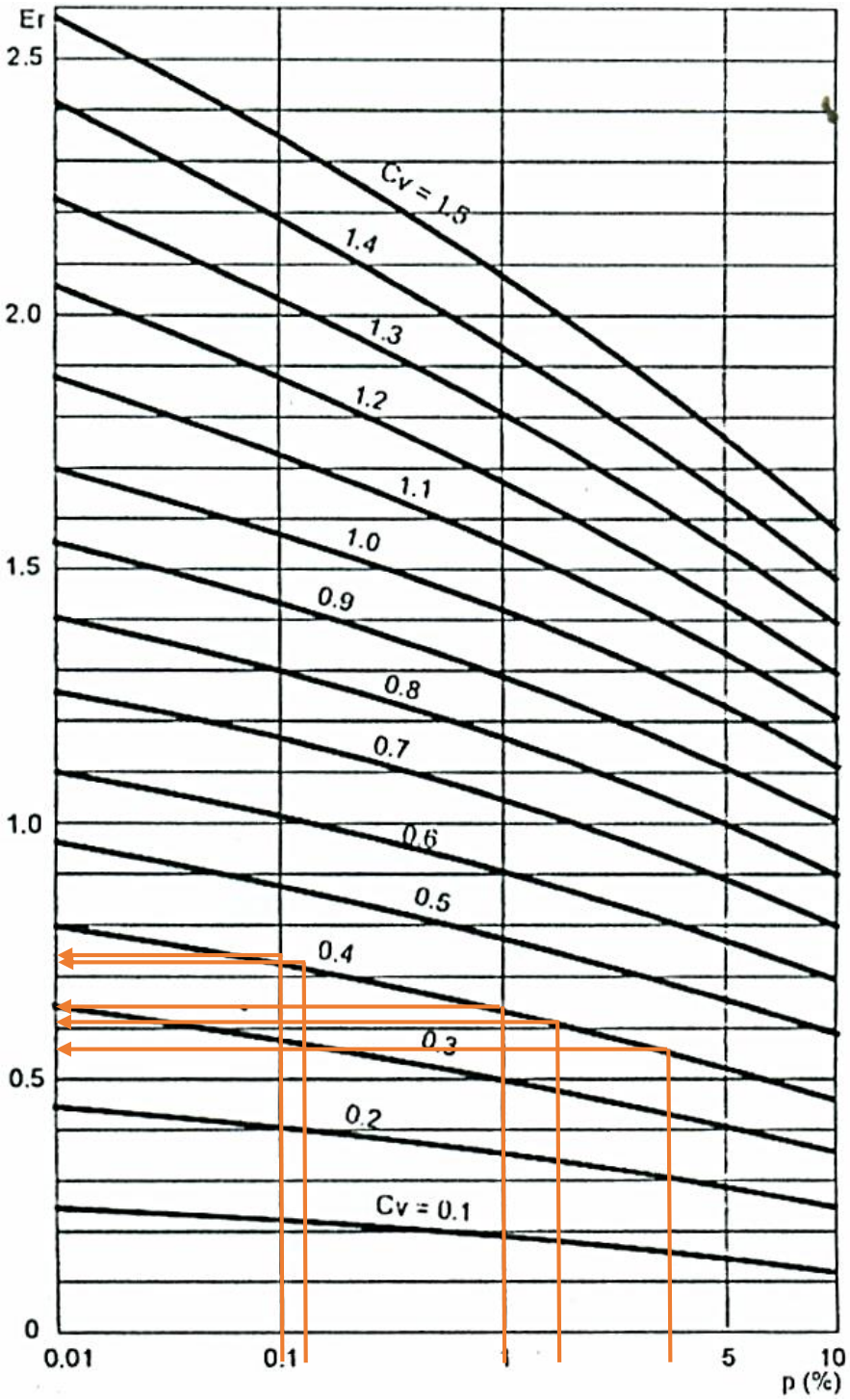


Figura 2.11. Ábaco para determinar Er en función de Cv y P.
Fuente: Villón-Béjar, 2004.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Finalmente se obtiene un caudal de diseño de máxima crecida de **21.15 l/s**.

2.4.2.2. Métodos de lluvia – escorrentía.

Son métodos desarrollados debido a la falta de información hidrométrica, los cuales permiten obtener caudales representativos para el cauce en estudio en función de la precipitación.

2.4.2.2.1. Método racional.

El método racional se basa en que si una lluvia con intensidad (I) empieza en forma instantánea y continua en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración (tc), en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo de salida. Se aplica la ecuación (2-34).

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \quad (2\text{-}34)$$

- *Coeficiente de escorrentía.*

Se definió anteriormente en la sección 2.4.1.2.1. y se determinó mediante el uso de la Tabla 19, obteniendo como resultado un valor de C = 0.65.

- *Intensidad de la lluvia.*

La intensidad de lluvia (I) es la tasa promedio de lluvia en mm/h para una subcuenca, se selecciona con base en la duración de la lluvia de diseño y el período de retorno.

De acuerdo al INAMHI (2015), la ecuación de intensidad para la estación M033 que corresponde a la zona de estudio es la mostrada en la Tabla 2.35.

Tabla 2.35. Ecuaciones de intensidad.

ESTACIÓN		DURACIÓN DE LA LLUVIA (min)	ECUACIONES	R	R^2
Código	Nombre				
M033	La Argelia (Loja)	5 < 30	$I = 138.033 \frac{T^{0.1922}}{t^{0.4460}}$ (2-35)	0.9930	0.9860
		30 < 120	$I = 334.481 \frac{T^{0.1877}}{t^{0.6954}}$ (2-36)	0.9817	0.9637
		120 < 1400	$I = 566.052 \frac{T^{0..1627}}{t^{0.7978}}$ (2-37)	0.9982	0.9964

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

La duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración para el área de drenaje en consideración. El tiempo de concentración es el tiempo requerido por una gota de agua para fluir desde el punto más remoto hasta el punto de interés, la expresión más común para su cálculo es la de Kirpich, aunque también se utilizó la ecuación de la Dirección General de Carreteras (ver Tabla 2.36).

Tabla 2.36. Caudales máximos por el método racional.

NOMBRE	t_c (min)		I (mm/h)	$Q_{máx}$ (m^3/s)
	Ecuación	Valor		
Kirpich	$t_c = 0.000325 \times L^{0.77} \times S^{-0.385}$ (2-38)	3.41	169.31	5.35
Dirección General de Carreteras	$t_c = 0.3\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$ (2-39)	13.14	92.83	2.93

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Debido al resultado de t_c igual a 3.41 min y 13.14 min se usa la primera ecuación de intensidad.

2.4.2.2.2. Hidrograma sintético de Snyder.

Relaciona el caudal pico (q_p) del hidrograma unitario con la precipitación efectiva (Pe), para el cálculo de estos dos elementos se basa en las características generales de la cuenca.

Una vez obtenido el caudal máximo se grafica el hidrograma unitario donde se puede observar el comportamiento de la tormenta (ver Figura 2.12).

Para su desarrollo se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

1. Calcular el tiempo de retardo (t_p), Snyder propone la ecuación (2-40).

$$t_p = 0.75 \times C_t (L \times L_c)^{0.3} \quad (2\text{-}40)$$

2. Calcular la duración de la lluvia unitaria (t_r) y el caudal pico (q_p) del hidrograma con las ecuaciones (2-41) y (2-42).

$$t_r = \frac{t_p}{5.5} \quad (2\text{-}41) \qquad q_p = \frac{2.75 \times C_p}{t_p} \quad (2\text{-}42)$$

3. Cuando se trata de analizar una lluvia de una duración t_R distinta de la unitaria (tr) definida por Snyder, el tiempo de retardo y el caudal pico resultan modificados y se expresan recalculados en función de la nueva duración por medio de las ecuaciones (2-43) y (2-44).

$$t_{pR} = t_p + \frac{t_R - t_r}{4} \quad (2\text{-}43) \qquad q_{pR} = \frac{q_p \times t_p}{t_{pR}} \quad (2\text{-}44)$$

4. El tiempo de base del hidrograma de escurrimiento directo será determinado por la ecuación (2-45).

$$t_b = \frac{5.56}{q_{pR}} \quad (2\text{-}45)$$

5. Siendo el caudal pico final y los coeficientes W_{75} y W_{50} calculados mediante las ecuaciones (2-46), (2-47) y (2-48) respectivamente.

$$q_f = q_{pR} \times A \quad (2\text{-}46)$$

$$W_{75} = 1.22 \times {q_{pR}}^{-1.08} \quad (2\text{-}47) \qquad W_{50} = 2.14 \times {q_{pR}}^{-1.08} \quad (2\text{-}48)$$

A continuación, en la Tabla 2.37, se muestran los cálculos del hidrograma sintético de Snyder.

Tabla 2.37. Cálculo del hidrograma sintético de Snyder.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Área de la cuenca (A)	0.18	Km^2
Longitud del cauce principal (L)	0.53	Km
S (pendiente media)	42.37	%
L_c	0.33	Km

Continúa Tabla 2.37 …

… Continuación Tabla 2.37

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
t_R	24.00	horas
C_t	1.35	-
t_p	0.60	horas
t_r	0.11	horas
C_p	0.69	-
q_p	3.15	$m^3/s/cm/Km^2$
t_{pR}	6.58	horas
q_{pR}	0.29	$m^3/s/cm/A$
t_b	19.27	horas
q_f	0.05	$m^3/s/cm$
W_{75}	4.67	horas
W_{50}	8.19	horas
C	0.65	
P	73.95	cm
Pe	48.07	m^3/s

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

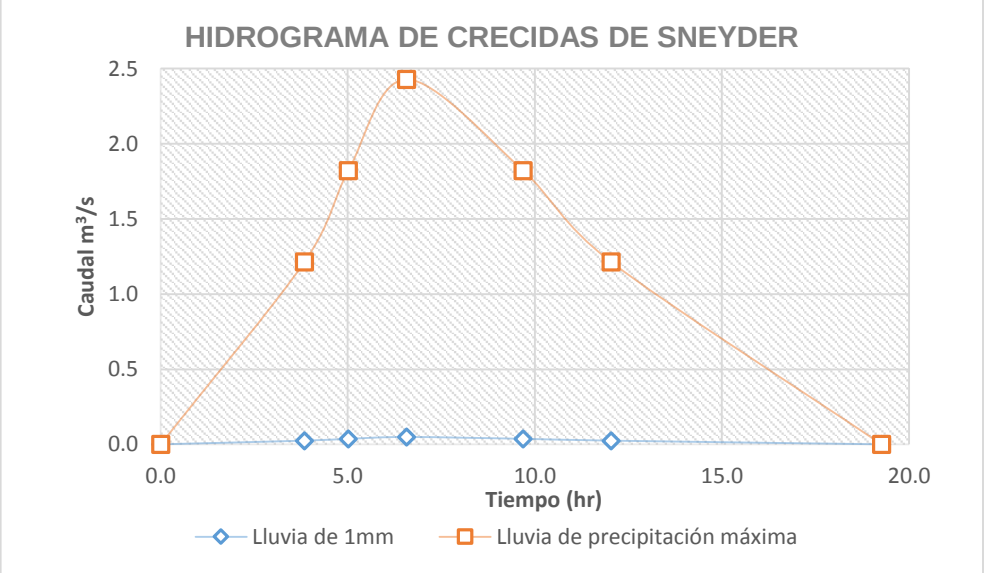


Figura 2.12. Hidrograma sintético de Sneyder.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Finalmente se obtiene un caudal de máxima crecida de **2.30 m^3/s**.

2.4.2.2.3. Método de Chow.

Ven Te Chow desarrolló un método para el cálculo del gasto pico de hidrograma de diseño. Este método sólo es aplicable a cuencas no urbanas con una superficie menor a 25 Km^2 y para su efecto se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

1. Establecer los valores de duración efectiva (d_e).

2. Calcular la intensidad (I) de manera similar al método racional en la sección 2.4.2.2.1, utilizando la ecuación (2-35) de la Tabla 2.35:

3. Determinar la precipitación multiplicando la intensidad (mm/h) por el tiempo, tal como se muestra en la ecuación (2-49).

$$P = I \times t \tag{2-49}$$

4. Encontrar la precipitación efectiva utilizando la ecuación (2-50), fórmula del método del número de la curva propuesto por el U.S Soil Coservation Service a partir de la lluvia total.

$$Pe = \frac{\left[P - \frac{508}{CN} + 5.08\right]^2}{P + \frac{2032}{CN} - 20.32} \tag{2-50}$$

El número de la curva CN se obtiene a partir de las Tablas 2.38 y 2.39, teniendo como resultado un valor de 60.

Tabla 2.38. Grupo hidrológico del suelo.

TIPO DE SUELO	TEXTURA DEL SUELO
A	Arenas con poco limo y arcilla; Suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcillas
D	Arcillas en grandes cantidades: suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables.

Fuente: Aparicio-Mijares, 1992.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.39. Valores de CN para algunas condiciones de suelo.

USO DE LA TIERRA Y COVERTURA	TRATAMIENTO DEL SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO %	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Sin cultivo	Surcos rectos	-	77	86	91	94
Cultivos en surco	Surcos rectos	> 1	72	81	88	91
	Surcos rectos	< 1	67	78	85	89
	Contorneo	> 1	70	79	84	88
	Contorneo	< 1	65	75	82	86
	Terrazas	> 1	66	74	80	82
	Terrazas	< 1	62	71	78	81
Cereales	Surcos rectos	> 1	65	76	84	88
	Surcos rectos	< 1	63	75	83	87
	Contorneo	> 1	63	74	82	85
	Contorneo	< 1	61	73	81	84
	Terrazas	> 1	61	72	79	82
	Terrazas	< 1	59	70	78	81
Leguminosas o praderas con rotación	Surcos rectos	> 1	66	77	85	89
	Surcos rectos	< 1	58	72	81	85
	Contorneo	> 1	64	75	83	85

Continúa Tabla 2.39 …

… Continuación Tabla 2.39

USO DE LA TIERRA Y COVERTURA	TRATAMIENTO DEL SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO %	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Leguminosas o praderas con rotación	Contorneo	< 1	55	69	78	83
	Terrazas	> 1	63	73	80	83
	Terrazas	< 1	51	67	76	80
Pastizales	-	> 1	68	79	86	89
	-	< 1	39	61	74	80
	Contorneo	> 1	47	67	81	88
	Contorneo	< 1	6	35	70	79
Pradera permanente	-	< 1	30	58	71	78
Bosques naturales	Muy ralo	-	56	75	86	91
	Ralo	-	46	68	78	84
	Normal	-	36	60	70	77
	Espeso	-	26	52	62	69
	Muy espeso	-	15	44	54	61
Caminos	De terracería	-	72	82	87	89
	Con superficie dura	-	74	84	90	92

Fuente: Aparicio-Mijares, 1992.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5. Establecer el factor de reducción pico (Z) a través de las relaciones mostradas en las ecuaciones (2-51) a (2-53).

$$Si: 0.05 < \frac{d_e}{t_p} < 0.4 \;\rightarrow\; Z = 0.73\left(\frac{d_e}{t_r}\right)^{0.97} \tag{2-51}$$

$$Si: 0.4 < \frac{d_e}{t_p} < 2 \;\rightarrow\; Z = 1.89\left(\frac{d_e}{t_r}\right)^{0.23} - 1.23 \tag{2-52}$$

$$Si: \frac{d_e}{t_p} > 2 \;\rightarrow\; Z = 1 \tag{2-53}$$

Ven Te Chow propuso la ecuación (2-54) para determinar t_r.

$$t_p = 0.005\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.64} \tag{2-54}$$

6. Finalmente, con los datos obtenidos anteriormente calcular el gasto pico (Q_p) aplicando la ecuación (2-55).

$$Q_p = \frac{0.278 \times Pe \times A}{d_e} \times Z \tag{2-55}$$

A continuación, en las Tablas 2.40 y 2.41, se muestran los cálculos del método de Ven Te Chow.

Tabla 2.40. Datos de partida para aplicar el método de Ven Te Chow.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Longitud del cauce principal (L)	533.09	m

Continúa Tabla 2.40 …

… Continuación Tabla 2.40

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Pendiente media (S)	42.37	%
Área de la cuenca (A)	0.17	Km^2
TR	50	años
CN	60	
tiempo de retardo (t_r)	0.08	horas

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.41. Desarrollo del método de Ven Te Chow.

ITERACIÓN	d_e (h)	d_e (min)	d_e/t_r	Z	I (mm/hr)	CN	P (mm)	Pe (mm)	Q_p (m^3/s)
1	0.034	2.010	0.40	0.30	214.44	60	7.184	5.002	2.18
2	0.034	2.011	0.40	0.30	214.41	60	7.185	5.001	2.18
3	0.034	2.011	0.40	0.30	214.38	60	7.186	5.001	2.18
4	0.034	2.012	0.40	0.30	214.35	60	7.187	5.000	2.18
5	0.034	2.012	0.40	0.30	214.32	60	7.188	5.000	11.11
6	0.034	2.013	0.40	0.30	214.29	60	7.190	4.999	11.10
7	0.034	2.014	0.40	0.30	214.27	60	7.191	4.999	11.10
8	0.034	2.014	0.40	0.30	214.24	60	7.192	4.998	11.09

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Finalmente se obtiene un caudal de máxima crecida de **11.11 m^3/s**.

2.4.2.3. Fórmulas empíricas.

Se recomienda el uso de fórmulas empíricas solo en el caso de que no sea posible hacer cualquier otra estimación mediante alguno de los métodos descritos anteriormente.

2.4.2.3.1. Fórmula de Hoffman

$$Q = \frac{3 \times A}{(1+A)^{0.29}} = \frac{3 \times 0.18}{(1+0.18)^{0.29}} = \mathbf{0.50\ m^3/s} \quad (2\text{-}56)$$

2.4.2.3.2. Fórmula del INERHI.

$$Q = \frac{25 \times A}{\sqrt{A+57}} \times K = \frac{25 \times 0.18}{\sqrt{0.18+57}} \times 0.57 = \mathbf{0.33\ m^3/s} \quad (2\text{-}57)$$

El valor del coeficiente K se toma de la Tabla 2.42.

Tabla 2.42. Valores del coeficiente K.

PERÍODO RETORNO	K
1000	1
500	0.856
100	0.646
50	0.574
25	0.507
5	0.361
1	0.139

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

2.4.2.3.3. Fórmula de Dickers.

$$Q = 6.91\, A^{3/4} = 6.91\, (0.18)^{3/4} = \mathbf{1.87\, m^3/s} \quad (2\text{-}58)$$

2.4.3. Caudal de estiaje.

El caudal de estiaje se determina usando el método de la curva de duración general que permite representar el caudal en función de la probabilidad de que sea igualado o superado. Se recomienda considerar el caudal de estiaje como aquel que tenga una probabilidad de hasta el 95% de ser igualado o superado.

La construcción de la curva de duración general (Figura 2.13) se realiza aplicando el siguiente procedimiento:

1. Calcular el caudal medio mensual plurianual (Q_m) de todos los datos obtenidos.

2. Calcular la desviación típica (SQ) mediante la ecuación (2-21).

3. Calcular el coeficiente de variación (Cv) y el de oblicuidad (Cs), aplicando las ecuaciones (2-59) y (2-60) respectivamente.

$$Cv = \frac{dQ}{Q_m} \quad (2\text{-}59) \qquad Cs = 3Cv + Cv^3 \quad (2\text{-}60)$$

4. Con los valores obtenidos de Cs se determina los valores de la constante K para las diferentes probabilidades P. Se obtienen interpolando la Tabla 2.31 en función de Cs y P% y sus resultados se muestran en la Tabla 2.44.

5. Con los datos obtenidos calcular los caudales para cada probabilidad (ver Tabla 2.44) con la ecuación (2-61).

$$Q_i = Q_m + (dQ \times K_i) \quad (2\text{-}61)$$

6. Trazar la curva de duración general (Figura 2.13) con los puntos ajustados P en abscisas y loas caudales Q en ordenadas.

En las Tablas 2.43 y 2.44 se muestran los cálculos realizados para la obtención de la curva de duración general.

Tabla 2.43. Cálculos de la curva de duración general.

PARÁMETRO	VALOR
Caudal medio (Qm)	4.00 l/s
Número de datos (N)	528
Desviación típica (dQ)	2.81
Coeficiente de variación (Cv)	0.70
Coeficiente de oblicuidad (Cs)	2.45

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 2.44. Coeficiente K y caudales para el valor de Cs y todas las probabilidades.

P% / Cs	0.01	0.1	1	2	5	10	25	50	75	80	90	95	99	99.9
2.40	8.21	6.47	3.79	3.03	2.01	1.25	0.32	-0.35	-0.67	-0.72	-0.79	-0.82	-0.83	-0.83
2.50	8.21	6.60	3.83	3.06	2.01	1.24	0.30	-0.36	-0.66	-0.70	-0.77	-0.79	-0.80	-0.80
2.45	**8.21**	**6.54**	**3.81**	**3.05**	**2.01**	**1.24**	**0.31**	**-0.36**	**-0.66**	**-0.71**	**-0.78**	**-0.80**	**-0.81**	**-0.81**
Qi	**27.1**	**22.4**	**14.7**	**12.5**	**9.64**	**7.49**	**4.87**	**3.00**	**2.13**	**2.01**	**1.81**	**1.74**	**1.71**	**1.71**

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

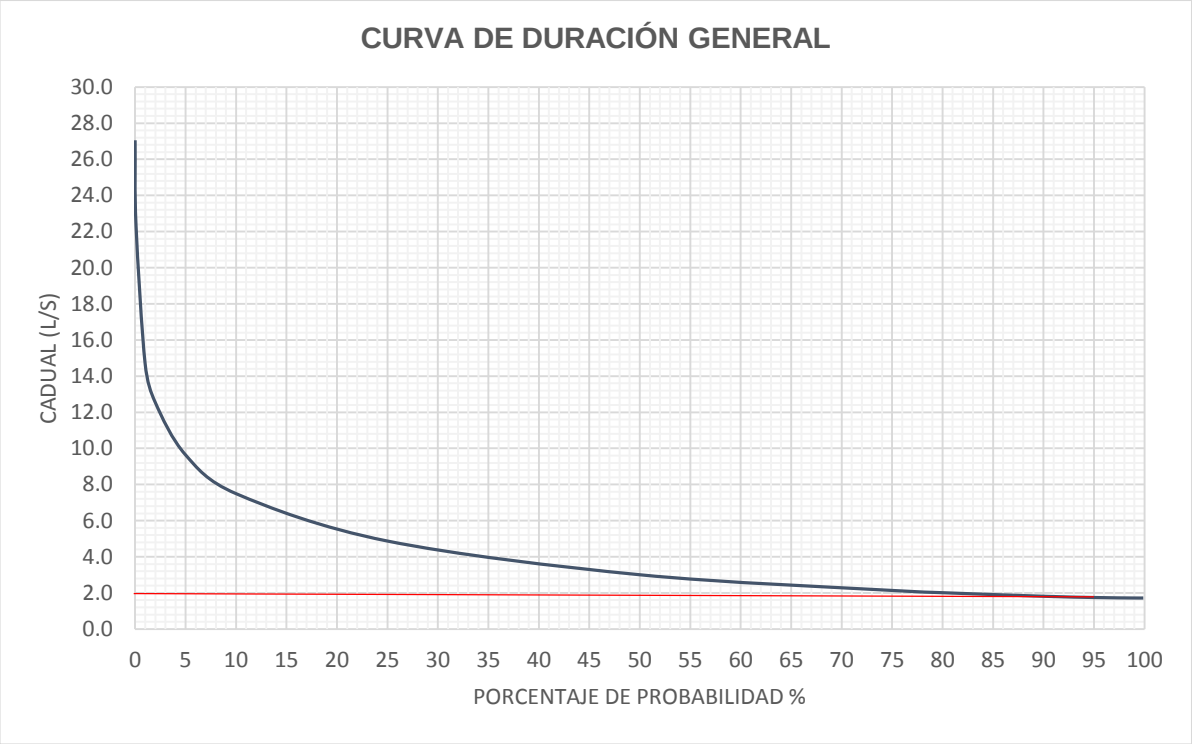


Figura 2.13. Curva de duración general.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

El caudal de estiaje considerando una probabilidad del 95% de ser superado es de **2.00 l/s**.

ANEXO 3. ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA

CIESSA Cia. Ltda.
ONEA Test Lab

CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN:	CIESSA – ONEA Test Lab – 17 -061	SOLICITANTE:	Michelle Quezada y Alexander León
ESTUDIO:	Estudio y diseño Hidráulico de un Sistema Multipropósito	DIRECCIÓN:	Época: Calle Guatemala 25-98 y EEUU
	Para la Estación Agropecuaria UTPL	TELEFONO:	0991390951

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE INGRESO:	28 - 06 -2017	DESCRIPCIÓN:	Agua de Vertiente S/N		
FECHA DE ANÁLISIS:	28 - 06 -2017	PRESENTACIÓN:	Envase plástico -Estéril.	CODIGO:	EAUTPL- 01
FECHA DE REPORTE:	07- 07 -2017	CANTON:	Loja	SECTOR:	Estacion Agropecuaria UTPL
FECHA DE ENTREGA:	07- 09 -2017	PARROQUIA:	San Sebastián	BARRIO:	Cajanuma.

3. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	AWWA	USPHS
Sabor	-	Ausencia	Inobjetable	Inobjetable	AWWA	USPHS
Color Real	U.Pt- Co	0	5	20 - 30	APHA	TULAS-INEN
Color Aparente	U.Pt- Co	50	-	-	APHA	USPHS-OMS
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	6	5	20	AWWA	INEN
Temperatura	°C	17,7	Condición	Natural+0-3°C	AWWA	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Sólidos Totales	mg/l	52,3	-	-	AOAC 920.193	M S P
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	37,3	500	1000	AOAC 920.193	INEN
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	58,3	-	1250	AOAC 973.40	IEOS
Sólidos Suspendidos	mg/l	15	Ausencia	Ausencia	AOAC 920.193	MS P
Sólidos Sedimentables	ml/l	0	Ausencia	Ausencia	C. IMHOFF	MS P

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	5,5	7 - 8,5	6,5 - 9,5	AOAC 973.41	INEN
Acidez Libre	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.42	-
Acidez Total	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.42	-
Alcalinidad a la Fenoltaleina	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.43	-
Alcalinidad Total	mg/l	20	-	-	AWWA	-
Bicarbonatos	mg/l	20	-	250	AWWA	IEOS
Carbonatos	mg/l	0,0	-	120	AWWA	IEOS

Av. Manuel Agustín Aguirre # 11-13 entre Mercadillo y Azuay/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles/Telef.:072-589913
072-102 707-584 594/Telefax-072-589 913/102 707/Celular: 0991549877

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTDOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Cianuro Total	mg/l	0,00	0,00	0.10	pyridine -pyrazolone	TULAS
Ácido Sulfhídrico	mg/l	0,00	0,0	0.05	SULFURO DE PLOMO	IEOS
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,00	-	1.0	NESSLER	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,00	-	0.5	NESSLER	IEOS
Calcio	mg/l	2,00	30	70	AWWA - ETAS	INEN
Dureza Cálcica	mg/l	4,99	150	500	AWWA - ETAS	OMS-IEOS
Dureza Total	mg/l	15,0	120	300	AWWA - ETAS	INEN
Dureza Magnésica	mg/l	10,0	-	-	AWWA - ETAS	-
Magnesio	mg/l	2,43	12	30	AWWA - ETAS	INEN
Cloruros	mg/l	12,5	50	250	DE MOHR	INEN
Sodio	mg/l	8,13	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
Potasio	mg/l	4,10	10	500	ARGENTOMÉTRICO	IEOS
Manganeso Total	mg/l	0,00	0,05	0.3	AWWA	INEN
Hierro Total	mg/l	0,03	0,2	0,8	1,10-PHENANTHROLINE	INEN
Hierro Soluble	mg/l	0,04	0.3	0.8	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Hierro Coloidal	mg/l	0,04	-	-	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Sílice	mg/l	4,80	-	5	MOLIBDATO DE SILICE	IEOS
Sulfatos	mg/l	0,00	50	200	TUBIDIMIETRO	INEN
Fosfatos	mg/l	0,18	-	0.3	ÁCIDO ASCÓRBICO	IEOS
Aluminio	mg/l	0,00	-	0,10	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,00	-	0,025	1-(2Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,00	-	0,18	Zincon	TULAS
Boro	mg/l	0,00	-	0,75	Carmine	TULAS
Cadmio	mg/l	0,00	-	0,001	Dithizone	TULAS
Cromo Total	mg/l	0,00	-	0,05	1,5-Diphenylcarbohydrazide	TULAS
Plomo	mg/l	0,00	-	-	Dithizone	TULAS
Arsénico	mg/l	0,00	-	0,05	SilverDiethyldithiocarbamate	TULAS
Fluoruro Total	mg/l	0,04	-	1.5	SPADNS	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	0.5	0.3 - 1	AWWA	INEN
Cloro Total	mg/l	0,00	-	-	AWWA	-
Nitrógeno Nitrato	mg/l	1,10	-	10	REDUCCIÓNDECADMIO	TULAS
Nitrato	mg/l	4,84	10	40	REDUCCIÓNDECADMIO	INEN - USPHS
Nitrógeno Nitrito	mg/l	0,01	-	1.0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
Nitrito	mg/l	0,02	Cero	Cero	DIAZOTIZACIÓN	INEN
Anhídrido Carbónico Libre	mg/l	1,00	-	5	AWWA	IEOS
D B O5	mg/l	0,00	-	No > 2	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	00,0	-	-	AOAC973 - 46	IEOS
OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LIMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Gérmenes Totales	UFC/ml	6 500	Ausencia	30	AOAC 966.23 C	INEN
Gérmenes Totales	UFC/ml	6 500	-	< 100	AOAC 966.23 C	EX-IEOS
Coliformes Totales	NMP/100ml	140	-	Ausencia	APHA 9221 B	INEN
Coliformes Totales	NMP/100ml	140	-	< 9	APHA 9221 B	EX-IEOS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	600	INEN 1 529-8	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	0	INEN 1 529-8	EX-IEOS
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0	0	0	FDA Cap. 18 1992	EX-IEOS

NOTA REFERENCIAL DE NORMA:

-Límite Máx. Permisible para el Agua de Consumo Humano y Uso Doméstico, que requiere Tratamiento Convencional, según TULAS
-Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano, Según Normas: INEN, OMS, USPHS Y EX-IEOS
-Dentro de la Norma de referencia del Límite Deseable Permisible marcadas con el signo (-) no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible en Aguas que requiere Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Uso Doméstico.

5. REFERENCIA ANALITICA AMBIENTAL:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	5,50	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Temperatura	°C	17,7	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P -TULAS	TULAS
Ácido Sulfhídrico	mg/l	0,00	-	0,0002	SULFURO DE PLOMO	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,00	-	0,02	NESSLER	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,01	pyridine -pyrazolone	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	-	0,01	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,03	-	0,30	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,00	-	0,10	AWWA	TULAS
Fluoruro Total	µg/l	0,00	-	4,00	SPADNS	TULAS
Nitrito	µg/l	16,5	-	60,0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
+Coliformes Totales	NMP/100ml	140	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
+Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,00	-	30,0	NESSLER	TULAS
+Bicarbonatos	meq/l	0,33	-	8,50	M S P - AWWA	TULAS
+Cloruros	meq/l	0,35	-	250	DE MOHR	TULAS
+Sodio	meq/l	0,35	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
+Transparencia de las Agua	m (visual)	visible	-	2,00	Disco Secchi	TULAS
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	37,3	-	3 000	AOAC 920.193	TULAS
+R A S	meq/l	0,91	-	15	M S P	TULAS
+Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	0,06	-	3,00	AOAC 973.40	TULAS
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
*Coliformes Totales	NMP/100ml	140	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
*Temperatura	°C	17,7	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
*Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P -TULAS	TULAS
*Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
*Potencial de Hidrógeno	pH	5,50	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
*OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

- *Límite Máx. Permisible para la Preservación de Flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Cálidas en Cuerpos de Agua Superficial*
+ "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego"; correspondiente a la Tabla 6, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del R_{LGA} PCCA.
* "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Recreativo"; correspondiente a la Tabla 9, literal a)... de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del R_{LGA} PCCA.

NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:

- N T U (Unidades de Turbiedad Nefelométrica)
- F T U (Unidades de FormazinTurbidimétrica)
- U. Pt. Co. (Unidad de Platino Cobalto)
- °C (No exceda de 3 grados de la Ta. Media de la Región)
- U F C/ml (Unidad Formadora de Colonias por mililitro) (Gérmenes Totales o Aerobios Mesófilos)
- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros)
- R A S (Relación de Adsorción de Sodio)

/ - µmhos/cm. (Micromhos por centímetro)
/ - mmhos/cm. (Milimhos por centímetro)
/ - mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro)
/ - meq/l (Miliequivalente por litro)
/ - m. (Profundidad mínima, en metros)
/ - D B O5 (Demanda Bioquímica de Oxigeno en 5 días)
/ - DQO (Demanda Química de Oxígeno)
/ - OD (Oxigeno Disuelto)

Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO
ONEA Test Lab
HIDRO SANITARIO

CIESSA Cía. Ltda. ONEA Test Lab
CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS
RUC. 1191731760001
Av. Manuel A. Aguirre # 11-13 entre Calle y Argentina
Telf. 072 577 707 Cel. 0991549877 2589913 LOJA

CIESSA Cia. Ltda.
ONEA Test Lab

CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS

3. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN:	CIESSA – ONEA Test Lab – 17 -069	SOLICITANTE:	Michelle Quezada y Alexander León
ESTUDIO:	Estudio y diseño Hidráulico de un Sistema Multipropósito	DIRECCIÓN:	Época: Calle Guatemala 25-98 y EEUU
	Para la Estación Agropecuaria UTPL	TELEFONO:	0991390951

4. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE INGRESO:	28 - 07 -2017	DESCRIPCIÓN:	Agua de Vertiente S/N		
FECHA DE ANÁLISIS:	28 - 07 -2017	PRESENTACIÓN:	Envase plástico -Estéril.	CODIGO:	EAUTPL- 01
FECHA DE REPORTE:	10- 08 -2017	CANTON:	Loja	SECTOR:	Estacion Agropecuaria UTPL
FECHA DE ENTREGA:	10- 08 -2017	PARROQUIA:	San Sebastián	BARRIO:	Cajanuma.

3. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	AWWA	USPHS
Sabor	-	Ausencia	Inobjetable	Inobjetable	AWWA	USPHS
Color Real	U.Pt- Co	0	5	20 - 30	APHA	TULAS-INEN
Color Aparente	U.Pt- Co	21	-	-	APHA	USPHS-OMS
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	3	5	20	AWWA	INEN
Temperatura	°C	18,4	Condición	Natural+0-3°C	AWWA	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Sólidos Totales	mg/l	47,9	-	-	AOAC 920.193	M S P
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	39,6	500	1000	AOAC 920.193	INEN
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	61,9	-	1250	AOAC 973.40	IEOS
Sólidos Suspendidos	mg/l	8	Ausencia	Ausencia	AOAC 920.193	MS P
Sólidos Sedimentables	ml/l	0	Ausencia	Ausencia	C. IMHOFF	MS P

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,0	7 - 8,5	6,5 - 9,5	AOAC 973.41	INEN
Acidez Libre	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.42	-
Acidez Total	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.42	-
Alcalinidad a la Fenoltaleina	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.43	-
Alcalinidad Total	mg/l	20	-	-	AWWA	-
Bicarbonatos	mg/l	20	-	250	AWWA	IEOS
Carbonatos	mg/l	0,0	-	120	AWWA	IEOS

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTDOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Cianuro Total	mg/l	0,00	0,00	0.10	pyridine -pyrazolone	TULAS
Ácido Sulfhídrico	mg/l	0,00	0,0	0.05	SULFURO DE PLOMO	IEOS
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,00	-	1.0	NESSLER	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,00	-	0.5	NESSLER	IEOS
Calcio	mg/l	3,00	30	70	AWWA - ETAS	INEN
Dureza Cálcica	mg/l	7,49	150	500	AWWA - ETAS	OMS-IEOS
Dureza Total	mg/l	16,0	120	300	AWWA - ETAS	INEN
Dureza Magnésica	mg/l	8,52	-	-	AWWA - ETAS	-
Magnesio	mg/l	2,07	12	30	AWWA - ETAS	INEN
Cloruros	mg/l	12,5	50	250	DE MOHR	INEN
Sodio	mg/l	8,13	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
Potasio	mg/l	4,00	10	500	ARGENTOMÉTRICO	IEOS
Manganeso Total	mg/l	0,00	0,05	0.3	AWWA	INEN
Hierro Total	mg/l	0,03	0,2	0,8	1,10-PHENANTHROLINE	INEN
Hierro Soluble	mg/l	0,04	0.3	0.8	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Hierro Coloidal	mg/l	0,04	-	-	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Sílice	mg/l	4,90	-	5	MOLIBDATO DE SILICE	IEOS
Sulfatos	mg/l	0,00	50	200	TUBIDIMIETRO	INEN
Fosfatos	mg/l	0,20	-	0.3	ÁCIDO ASCÓRBICO	IEOS
Aluminio	mg/l	0,00	-	0,10	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,00	-	0,025	1-(2Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,00	-	0,18	Zincon	TULAS
Boro	mg/l	0,00	-	0,75	Carmine	TULAS
Cadmio	mg/l	0,00	-	0,001	Dithizone	TULAS
Cromo Total	mg/l	0,00	-	0,05	1,5-Diphenylcarbohydrazide	TULAS
Plomo	mg/l	0,00	-	-	Dithizone	TULAS
Arsénico	mg/l	0,00	-	0,05	SilverDiethyldithiocarbamate	TULAS
Fluoruro Total	mg/l	0,04	-	1.5	SPADNS	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	0.5	0.3 - 1	AWWA	INEN
Cloro Total	mg/l	0,00	-	-	AWWA	-
Nitrógeno Nitrato	mg/l	1,75	-	10	REDUCCIÓNDECADMIO	TULAS
Nitrato	mg/l	7,70	10	40	REDUCCIÓNDECADMIO	INEN - USPHS
Nitrógeno Nitrito	mg/l	0,01	-	1.0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
Nitrito	mg/l	0,02	Cero	Cero	DIAZOTIZACIÓN	INEN
Anhídrido Carbónico Libre	mg/l	1,00	-	5	AWWA	IEOS
D B O5	mg/l	0,00	-	No > 2	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	00,0	-	-	AOAC973 - 46	IEOS
OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LIMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Gérmenes Totales	UFC/ml	6 800	Ausencia	30	AOAC 966.23 C	INEN
Gérmenes Totales	UFC/ml	6 800	-	< 100	AOAC 966.23 C	EX-IEOS
Coliformes Totales	NMP/100ml	150	-	Ausencia	APHA 9221 B	INEN
Coliformes Totales	NMP/100ml	150	-	< 9	APHA 9221 B	EX-IEOS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	600	INEN 1 529-8	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	0	INEN 1 529-8	EX-IEOS
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0	0	0	FDA Cap. 18 1992	EX-IEOS

NOTA REFERENCIAL DE NORMA:

-Límite Máx. Permisible para el Agua de Consumo Humano y Uso Doméstico, que requiere Tratamiento Convencional, según TULAS
-Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano, Según Normas: INEN, OMS, USPHS Y EX-IEOS
-Dentro de la Norma de referencia del Límite Deseable Permisible marcadas con el signo (-) no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible en Aguas que requiere Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Uso Doméstico.

5. REFERENCIA ANALITICA AMBIENTAL:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,00	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Temperatura	°C	18,4	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P -TULAS	TULAS
Ácido Sulfhídrico	mg/l	0,00	-	0,0002	SULFURO DE PLOMO	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,00	-	0,02	NESSLER	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,01	pyridine -pyrazolone	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	-	0,01	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,03	-	0,30	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,00	-	0,10	AWWA	TULAS
Fluoruro Total	µg/l	0,00	-	4,00	SPADNS	TULAS
Nitrito	µg/l	16,5	-	60,0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
+Coliformes Totales	NMP/100ml	150	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
+Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,00	-	30,0	NESSLER	TULAS
+Bicarbonatos	meq/l	0,33	-	8,50	M S P - AWWA	TULAS
+Cloruros	meq/l	0,35	-	250	DE MOHR	TULAS
+Sodio	meq/l	0,35	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
+Transparencia de las Agua	m (visual)	visible	-	2,00	Disco Secchi	TULAS
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	39,6	-	3 000	AOAC 920.193	TULAS
+R A S	meq/l	0,88	-	15	M S P	TULAS
+Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	0,06	-	3,00	AOAC 973.40	TULAS
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
*Coliformes Totales	NMP/100ml	150	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
*Temperatura	°C	18,4	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
*Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P -TULAS	TULAS
*Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
*Potencial de Hidrógeno	pH	6,00	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
*OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

- *Límite Máx. Permisible para la Preservación de Flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Cálidas en Cuerpos de Agua Superficial*
+ "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego"; correspondiente a la Tabla 6, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI – Anexo 1. Bajo el amparo del R_{LGA} PCCA.
* "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Recreativo"; correspondiente a la Tabla 9, literal a)... de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI – Anexo 1. Bajo el amparo del R_{LGA} PCCA.

NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:

- N T U (Unidades de Turbiedad Nefelométrica)
- F T U (Unidades de FormazinTurbidimétrica)
- U. Pt. Co. (Unidad de Platino Cobalto)
- ° C (No exceda de 3 grados de la Ta. Media de la Región)
- U F C/ml (Unidad Formadora de Colonias por mililitro) (Gérmenes Totales o Aerobios Mesófilos)
- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros)
- R A S (Relación de Adsorción de Sodio)

/ - µmhos/cm. (Micromhos por centímetro)
/ - mmhos/cm. (Milimhos por centímetro)
/ - mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro)
/ - meq/l (Miliequivalente por litro)
/ - m. (Profundidad mínima, en metros)
/ - D B O5 (Demanda Bioquímica de Oxigeno en 5 días)
/ - DQO (Demanda Química de Oxígeno)
/ - OD (Oxigeno Disuelto)

CIESSA Cía. Ltda. ONEA Test Lab
CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS
RUC. 1191731766001
Av. Manuel A. Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina
Telf. 072 577 707 Cel. 0991549877 2589913 LOJA

Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO
ONEA Test Lab
HIDRO SANITARIO

CIESSA Cía. Ltda. ONEA Test Lab

CIESSA
ONEA Test Lab

CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS ANALÍTICOS.

LABORATORIOS DE AGUAS, SUELOS Y ALIMENTOS.

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN: CIESSA - ONEA Test Lab - 17 - 131	SOLICITANTE: FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO EMPRESARIAL Y SOCIAL
ESTUDIO: Estudio y diseño Hidráulico de Sistema Multi-propósito para la Estación Agropecuaria UTPL	DIRECCIÓN: San Cayetano: Calle Paris
	TELEFONO: 2 585 700

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE INGRESO:	11 - 11 -2017	DESCRIPCIÓN:	Agua de Vertiente S/N		
FECHA DE ANÁLISIS:	11 - 11 -2017	PRESENTACIÓN:	Envase plástico -Estéril.	CODIGO:	EAUTPL- 01
FECHA DE REPORTE:	20- 11 -2017	CANTON:	Loja	SECTOR:	Estacion Agropecuaria UTPL
FECHA DE ENTREGA:	12- 12 -2017	PARROQUIA:	San Sebastián	BARRIO:	Cajanuma.

3. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	AWWA	USPHS
Sabor	-	Ausencia	Inobjetable	Inobjetable	AWWA	USPHS
Color Real	U.Pt- Co	0	5	20 - 30	APHA	TULAS-INEN
Color Aparente	U.Pt- Co	28	-	-	APHA	USPHS-OMS
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	3	5	20	AWWA	INEN
Temperatura	°C	19,2	Condición	Natural+0-3°C	AWWA	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Sólidos Totales	mg/l	41,8	-	-	AOAC 920.193	M S P
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	34,7	500	1000	AOAC 920.193	INEN
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	54,0	-	1250	AOAC 973.40	IEOS
Sólidos Suspendidos	mg/l	7	Ausencia	Ausencia	AOAC 920.193	M S P
Sólidos Sedimentables	ml/l	0	Ausencia	Ausencia	C. IMHOFF	M S P

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,0	7 - 8,5	6,5 - 9,5	AOAC 973.41	INEN
Acidez Libre	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.42	-
Acidez Total	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.42	-
Alcalinidad a la Fenoltaleina	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.43	-
Alcalinidad Total	mg/l	20	-	-	AWWA	-
Bicarbonatos	mg/l	20	-	250	AWWA	IEOS
Carbonatos	mg/l	0,0	-	120	AWWA	IEOS

Av. Manuel Agustín Aguirre # 11-13 entre Mercadillo y Azuay/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles/Telef.:072-589913
072-102 707-584 594/Telefax-072-589 913/102 707/Celular: 0991549877

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTDOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Cianuro Total	mg/l	0,00	0,00	0.10	pyridine -pyrazolone	TULAS
Ácido Sulfhídrico	mg/l	0,00	0,0	0.05	SULFURO DE PLOMO	IEOS
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,02	-	1.0	NESSLER	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,02	-	0.5	NESSLER	IEOS
Calcio	mg/l	4,00	30	70	AWWA - ETAS	INEN
Dureza Cálcica	mg/l	9,99	150	500	AWWA - ETAS	OMS-IEOS
Dureza Total	mg/l	15,0	120	300	AWWA - ETAS	INEN
Dureza Magnésica	mg/l	5,00	-	-	AWWA - ETAS	-
Magnesio	mg/l	1,22	12	30	AWWA - ETAS	INEN
Cloruros	mg/l	12,5	50	250	DE MOHR	INEN
Sodio	mg/l	8,13	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
Potasio	mg/l	4,30	10	500	ARGENTOMÉTRICO	IEOS
Manganeso Total	mg/l	0,00	0,05	0.3	AWWA	INEN
Hierro Total	mg/l	0,01	0,2	0,8	1,10-PHENANTHROLINE	INEN
Hierro Soluble	mg/l	0,01	0.3	0.8	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Hierro Coloidal	mg/l	0,01	-	-	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Sílice	mg/l	4,50	-	5	MOLIBDATO DE SILICE	IEOS
Sulfatos	mg/l	0,00	50	200	TUBIDIMIETRO	INEN
Fosfatos	mg/l	0,22	-	0.3	ÁCIDO ASCÓRBICO	IEOS
Aluminio	mg/l	0,00	-	0,10	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,00	-	0,025	1-(2Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,00	-	0,18	Zincon	TULAS
Boro	mg/l	0,00	-	0,75	Carmine	TULAS
Cadmio	mg/l	0,00	-	0,001	Dithizone	TULAS
Cromo Total	mg/l	0,00	-	0,05	1,5-Diphenylcarbohydrazide	TULAS
Plomo	mg/l	0,00	-	-	Dithizone	TULAS
Arsénico	mg/l	0,00	-	0,05	SilverDiethyldithiocarbamate	TULAS
Fluoruro Total	mg/l	0,03	-	1.5	SPADNS	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	0.5	0.3 - 1	AWWA	INEN
Cloro Total	mg/l	0,00	-	-	AWWA	-
Nitrógeno Nitrato	mg/l	1,60	-	10	REDUCCIÓNDECADMIO	TULAS
Nitrato	mg/l	7,04	10	40	REDUCCIÓNDECADMIO	INEN - USPHS
Nitrógeno Nitrito	mg/l	0,01	-	1.0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
Nitrito	mg/l	0,02	Cero	Cero	DIAZOTIZACIÓN	INEN
Anhídrido Carbónico Libre	mg/l	1,00	-	5	AWWA	IEOS
D B O5	mg/l	0,00	-	No > 2	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	00,0	-	-	AOAC973 - 46	IEOS
OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LIMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Gérmenes Totales	UFC/ml	5 200	Ausencia	30	AOAC 966.23 C	INEN
Gérmenes Totales	UFC/ml	5 200	-	< 100	AOAC 966.23 C	EX-IEOS
Coliformes Totales	NMP/100ml	110	-	Ausencia	APHA 9221 B	INEN
Coliformes Totales	NMP/100ml	110	-	< 9	APHA 9221 B	EX-IEOS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	600	INEN 1 529-8	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	0	INEN 1 529-8	EX-IEOS
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0	0	0	FDA Cap. 18 1992	EX-IEOS

NOTA REFERENCIAL DE NORMA:

-Límite Máx. Permisible para el Agua de Consumo Humano y Uso Doméstico, que requiere Tratamiento Convencional, según TULAS
-Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano, Según Normas: INEN, OMS, USPHS Y EX-IEOS
-Dentro de la Norma de referencia del Límite Deseable Permisible marcadas con el signo (-) no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible en Aguas que requiere Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Uso Doméstico.

5. REFERENCIA ANALITICA AMBIENTAL:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,00	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Temperatura	°C	19,2	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P -TULAS	TULAS
Ácido Sulfhídrico	mg/l	0,00	-	0,0002	SULFURO DE PLOMO	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,02	-	0,02	NESSLER	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,01	pyridine -pyrazolone	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	-	0,01	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,01	-	0,30	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,00	-	0,10	AWWA	TULAS
Fluoruro Total	µg/l	0,00	-	4,00	SPADNS	TULAS
Nitrito	µg/l	16,5	-	60,0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
+Coliformes Totales	NMP/100ml	110	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
+Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,00	-	30,0	NESSLER	TULAS
+Bicarbonatos	meq/l	0,33	-	8,50	M S P - AWWA	TULAS
+Cloruros	meq/l	0,35	-	250	DE MOHR	TULAS
+Sodio	meq/l	0,35	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
+Transparencia de las Agua	m (visual)	visible	-	2,00	Disco Secchi	TULAS
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	34,7	-	3 000	AOAC 920.193	TULAS
+R A S	meq/l	0,90	-	15	M S P	TULAS
+Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	0,05	-	3,00	AOAC 973.40	TULAS
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
*Coliformes Totales	NMP/100ml	110	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
*Temperatura	°C	19,2	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
*Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P -TULAS	TULAS
*Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
*Potencial de Hidrógeno	pH	6,00	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
*OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

- *Límite Máx. Permisible para la Preservación de Flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Cálidas en Cuerpos de Agua Superficial*
+ "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego"; correspondiente a la Tabla 6, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI – Anexo 1. Bajo el amparo del R_{LGA} PCCA.
* "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Recreativo"; correspondiente a la Tabla 9, literal a)... de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI – Anexo 1. Bajo el amparo del R_{LGA} PCCA.

NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:

- N T U (Unidades de Turbiedad Nefelométrica)
- F T U (Unidades de FormazinTurbidimétrica)
- U. Pt. Co. (Unidad de Platino Cobalto)
- ° C (No exceda de 3 grados de la Ta. Media de la Región)
- U F C/ml (Unidad Formadora de Colonias por mililitro) (Gérmenes Totales o Aerobios Mesófilos)
- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros)
- R A S (Relación de Adsorción de Sodio)

/ - µmhos/cm. (Micromhos por centímetro)
/ - mmhos/cm. (Milimhos por centímetro)
/ - mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro)
/ - meq/l (Miliequivalente por litro)
/ - m. (Profundidad mínima, en metros)
/ - D B O5 (Demanda Bioquímica de Oxigeno en 5 días)
/ - DQO (Demanda Química de Oxígeno)
/ - OD (Oxigeno Disuelto)

CIESSA Cía. Ltda. ONEA Test Lab CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS
R.U.C. 1191731766001

Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO
ONEA Test Lab
HIDRO SANITARIO

CIESSA
ONEA Test Lab

CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS ANALÍTICOS.

LABORATORIOS DE AGUAS, SUELOS Y ALIMENTOS.

3. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN: CIESSA - ONEA Test Lab - 18 - 059		SOLICITANTE: FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO EMPRESARIAL Y SOCIAL	
ESTUDIO:	Estudio y diseño Hidráulico de Sistema Multi-propósito para la Estación Agropecuaria UTPL	DIRECCIÓN:	San Cayetano: Calle Paris
		TELEFONO:	2 585 700

4. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE INGRESO:	09 - 01 -2018	DESCRIPCIÓN:	Agua de Vertiente S/N		
FECHA DE ANÁLISIS:	09 - 01 -2018	PRESENTACIÓN:	Envase plástico -Estéril.	CODIGO:	EAUTPL- 01
FECHA DE REPORTE:	20 - 01 -2018	CANTON:	Loja	SECTOR:	Estacion Agropecuaria UTPL
FECHA DE ENTREGA:	20 - 01 -2018	PARROQUIA:	San Sebastián	BARRIO:	Cajanuma.

3. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	AWWA	USPHS
Sabor	-	Ausencia	Inobjetable	Inobjetable	AWWA	USPHS
Color Real	U.Pt- Co	0	5	20 - 30	APHA	TULAS-INEN
Color Aparente	U.Pt- Co	31	-	-	APHA	USPHS-OMS
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	4	5	20	AWWA	INEN
Temperatura	°C	19,0	Condición	Natural+0-3°C	AWWA	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Sólidos Totales	mg/l	45,2	-	-	AOAC 920.193	M S P
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	35,9	500	1000	AOAC 920.193	INEN
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	56,1	-	1250	AOAC 973.40	IEOS
Sólidos Suspendidos	mg/l	9	Ausencia	Ausencia	AOAC 920.193	MS P
Sólidos Sedimentables	ml/l	0	Ausencia	Ausencia	C. IMHOFF	MS P

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,1	7 - 8,5	6,5 - 9,5	AOAC 973.41	INEN
Acidez Libre	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.42	-
Acidez Total	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.42	-
Alcalinidad a la Fenoltaleina	mg/l	0,0	-	-	AOAC 973.43	-
Alcalinidad Total	mg/l	20	-	-	AWWA	-
Bicarbonatos	mg/l	20	-	250	AWWA	IEOS
Carbonatos	mg/l	0,0	-	120	AWWA	IEOS

Av. Manuel Agustín Aguirre # 11-13 entre Mercadillo y Azuay/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles/Telef.:072-589913
072-102 707-584 594/Telefax-072-589 913/102 707/Celular: 0991549877

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTDOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Cianuro Total	mg/l	0,00	0,00	0.10	pyridine -pyrazolone	TULAS
Ácido Sulfhídrico	mg/l	0,00	0,0	0.05	SULFURO DE PLOMO	IEOS
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,03	-	1.0	NESSLER	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,04	-	0.5	NESSLER	IEOS
Calcio	mg/l	4,00	30	70	AWWA - ETAS	INEN
Dureza Cálcica	mg/l	9,99	150	500	AWWA - ETAS	OMS-IEOS
Dureza Total	mg/l	15,0	120	300	AWWA - ETAS	INEN
Dureza Magnésica	mg/l	5,00	-	-	AWWA - ETAS	-
Magnesio	mg/l	1,22	12	30	AWWA - ETAS	INEN
Cloruros	mg/l	12,5	50	250	DE MOHR	INEN
Sodio	mg/l	8,13	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
Potasio	mg/l	4,50	10	500	ARGENTOMÉTRICO	IEOS
Manganeso Total	mg/l	0,00	0,05	0.3	AWWA	INEN
Hierro Total	mg/l	0,01	0,2	0,8	1,10-PHENANTHROLINE	INEN
Hierro Soluble	mg/l	0,01	0.3	0.8	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Hierro Coloidal	mg/l	0,01	-	-	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Sílice	mg/l	4,60	-	5	MOLIBDATO DE SILICE	IEOS
Sulfatos	mg/l	0,00	50	200	TUBIDIMIETRO	INEN
Fosfatos	mg/l	0,23	-	0.3	ÁCIDO ASCÓRBICO	IEOS
Aluminio	mg/l	0,00	-	0,10	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,00	-	0,025	1-(2Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,00	-	0,18	Zincon	TULAS
Boro	mg/l	0,00	-	0,75	Carmine	TULAS
Cadmio	mg/l	0,00	-	0,001	Dithizone	TULAS
Cromo Total	mg/l	0,00	-	0,05	1,5-Diphenylcarbohydrazide	TULAS
Plomo	mg/l	0,00	-	-	Dithizone	TULAS
Arsénico	mg/l	0,00	-	0,05	SilverDiethyldithiocarbamate	TULAS
Fluoruro Total	mg/l	0,03	-	1.5	SPADNS	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	0.5	0.3 - 1	AWWA	INEN
Cloro Total	mg/l	0,00	-	-	AWWA	-
Nitrógeno Nitrato	mg/l	1,60	-	10	REDUCCIÓNDECADMIO	TULAS
Nitrato	mg/l	7,04	10	40	REDUCCIÓNDECADMIO	INEN - USPHS
Nitrógeno Nitrito	mg/l	0,01	-	1.0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
Nitrito	mg/l	0,02	Cero	Cero	DIAZOTIZACIÓN	INEN
Anhídrido Carbónico Libre	mg/l	1,00	-	5	AWWA	IEOS
D B O5	mg/l	0,00	-	No > 2	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	00,0	-	-	AOAC973 - 46	IEOS
OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LIMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Gérmenes Totales	UFC/ml	5 300	Ausencia	30	AOAC 966.23 C	INEN
Gérmenes Totales	UFC/ml	5 300	-	< 100	AOAC 966.23 C	EX-IEOS
Coliformes Totales	NMP/100ml	120	-	Ausencia	APHA 9221 B	INEN
Coliformes Totales	NMP/100ml	120	-	< 9	APHA 9221 B	EX-IEOS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	600	INEN 1 529-8	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	0	INEN 1 529-8	EX-IEOS
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0	0	0	FDA Cap. 18 1992	EX-IEOS

NOTA REFERENCIAL DE NORMA:

-Límite Máx. Permisible para el Agua de Consumo Humano y Uso Doméstico, que requiere Tratamiento Convencional, según TULAS
-Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano, Según Normas: INEN, OMS, USPHS Y EX-IEOS
-Dentro de la Norma de referencia del Límite Deseable Permisible marcadas con el signo (-) no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible en Aguas que requiere Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Uso Doméstico.

5. REFERENCIA ANALITICA AMBIENTAL:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,10	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Temperatura	°C	19,0	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P -TULAS	TULAS
Ácido Sulfhídrico	mg/l	0,00	-	0,0002	SULFURO DE PLOMO	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,04	-	0,02	NESSLER	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,01	pyridine -pyrazolone	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	-	0,01	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,01	-	0,30	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,00	-	0,10	AWWA	TULAS
Fluoruro Total	µg/l	0,00	-	4,00	SPADNS	TULAS
Nitrito	µg/l	16,5	-	60,0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
+Coliformes Totales	NMP/100ml	120	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
+Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,03	-	30,0	NESSLER	TULAS
+Bicarbonatos	meq/l	0,33	-	8,50	M S P - AWWA	TULAS
+Cloruros	meq/l	0,35	-	250	DE MOHR	TULAS
+Sodio	meq/l	0,35	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
+Transparencia de las Agua	m (visual)	visible	-	2,00	Disco Secchi	TULAS
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	35,9	-	3 000	AOAC 920.193	TULAS
+R A S	meq/l	0,90	-	15	M S P	TULAS
+Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	0,06	-	3,00	AOAC 973.40	TULAS
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
*Coliformes Totales	NMP/100ml	120	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
*Temperatura	°C	19,0	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
*Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P -TULAS	TULAS
*Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
*Potencial de Hidrógeno	pH	6,10	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
*OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

- *Límite Máx. Permisible para la Preservación de Flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Cálidas en Cuerpos de Agua Superficial*
+ "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego"; correspondiente a la Tabla 6, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI – Anexo 1. Bajo el amparo del R_{LGA} PCCA.
* "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Recreativo"; correspondiente a la Tabla 9, literal a)... de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI – Anexo 1. Bajo el amparo del R_{LGA} PCCA.

NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:

- N T U (Unidades de Turbiedad Nefelométrica)
- F T U (Unidades de FormazinTurbidimétrica)
- U. Pt. Co. (Unidad de Platino Cobalto)
- ° C (No exceda de 3 grados de la Ta. Media de la Región)
- U F C/ml (Unidad Formadora de Colonias por mililitro) (Gérmenes Totales o Aerobios Mesófilos)
- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros)
- R A S (Relación de Adsorción de Sodio)

/ - µmhos/cm. (Micromhos por centímetro)
/ - mmhos/cm. (Milimhos por centímetro)
/ - mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro)
/ - meq/l (Miliequivalente por litro)
/ - m. (Profundidad mínima, en metros)
/ - D B O5 (Demanda Bioquímica de Oxigeno en 5 días)
/ - DQO (Demanda Química de Oxígeno)
/ - OD (Oxigeno Disuelto)

Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO
ONEA Test Lab
HIDRO SANITARIO

CIESSA Cía. Ltda. ONEA Test Lab
CENTRO DE INVESTIGACION, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS
RUC. 1191731766001
Av. Manuel A. Aguirre # 19-95 entre Calle y Argentina
Telf. 072 577 707 Cel. 0915549877 2589913 LOJA

ANEXO 4. ESTUDIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA-MINAS E INGENIERÍA CIVIL (DGMIC)
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA ESTACIÓN AGROPECUARIA UTPL

ENSAYADO POR: Alexander León & Michelle Quezada **LOCALIZACIÓN:** Sector Cajanuma **FECHA:** 04/09/2017

SOLICITA: Holger Manuel Benavides Muñoz, PhD. **MUESTRA:** Reservorio (Café) **NORMAS:** ASTM D 2216, 422, 4318

Muestra inicial (antes de lavado) = 1891.37 gr

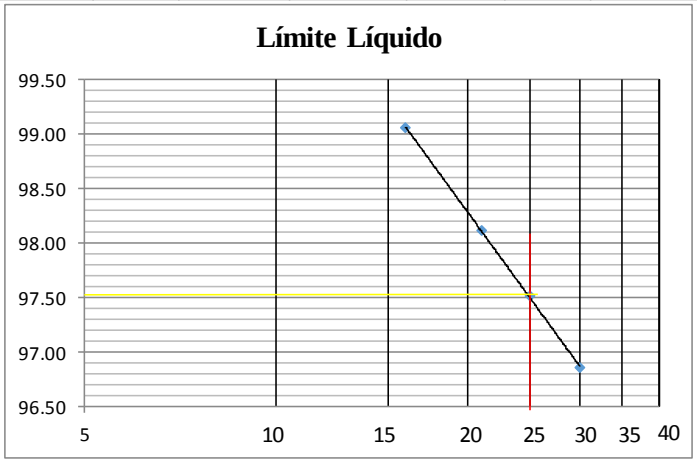
GRANULOMETRÍA

Tamiz N°	Peso Tamiz	Peso Tamiz + Muestra	Peso Retenido	Peso Retenido Acumulado	% Retenido	% Pasa
SERIE GRUESA						
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
1½"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
¾"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
½"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
⅜"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
N° 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
SERIE FINA						
N° 10	480.63	496.39	15.76	15.76	1	99
N° 20	439.50	460.68	21.18	36.94	2	98
N° 40	560.03	573.49	13.46	50.40	3	97
N° 200	295.01	330.50	35.49	85.89	5	95
Fondo	378.80	379.24	0.44	86.33	5	95

Clasificación AASHTO		Clasificación SUCS	
Límite líquido (L.L)	98	Límite líquido (L.L)	98
Límite plástico (L.P)	64	Límite plástico (L.P)	64
Índice de plasticidad (I.P)	34	Índice de plasticidad (I.P)	57
% Pasa N° 200	95	% Pasa N° 4	100
Índice de grupo (I.G)	20 (Ed.73)	% Pasa N° 10	99
Índice de grupo (I.G)	49 (Ed.78)	% Pasa N° 200	95
Tipo de suelo	A-7-5 (49)	Tipo de suelo	OH
Arcilla con alta plasticidad, altamente compresible de calidad regular a mala.		Arcilla orgánica de plasticidad media a alta.	

Muestra de cálculo (después de lavado) = 86.33 gr

Cápsula N°	N°. Golpes	Peso Cap. + Suelo Húmedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Cápsula	W %	Resultado
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Go 4.4		366.18	292.15	70.74	33.44	34.73
13'		357.79	280.82	67.12	36.02	
LÍMITE LÍQUIDO						
JB4	16	80.46	72.10	63.66	99.05	97.88
J2	21	87.71	78.89	69.90	98.11	
2"	25	83.69	73.87	63.80	97.52	
CJ9	30	72.57	67.03	61.31	96.85	
LÍMITE PLÁSTICO						
J-9		52.67	52.30	51.73	64.91	63.94
6		63.29	62.61	61.53	62.96	



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA-MINAS E INGENIERÍA CIVIL (DGMIC)
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA ESTACIÓN AGROPECUARIA UTPL

ENSAYADO POR: Alexander León & Michelle Quezada **LOCALIZACIÓN:** Sector Cajanuma **FECHA:** 04/09/2017

SOLICITA: Holger Manuel Benavides Muñoz, PhD. **MUESTRA:** Puente Canal (Finca) **NORMAS:** ASTM D 2216, 422, 4318

Muestra inicial (antes de lavado) = 2491.04 gr

Muestra de cálculo (después de lavado) = 1639.69 gr

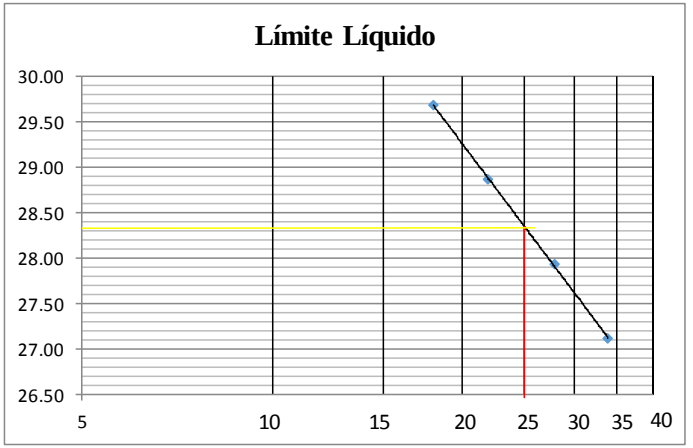
Muestra de cálculo (serie fina) = 791.21 gr

GRANULOMETRÍA						
Tamiz N°	**Peso Tamiz**	**Peso Tamiz + Muestra**	**Peso Retenido**	**Peso Retenido Acumulado**	**% Retenido**	**% Pasa**
SERIE GRUESA						
3"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
1½"	555.81	640.71	84.90	84.90	3	97
1"	532.75	627.47	94.72	179.62	7	93
¾"	539.67	659.43	119.76	299.38	12	88
½"	517.36	683.59	166.23	465.61	19	81
⅜"	509.56	633.49	123.93	589.54	24	76
N° 4	482.30	741.13	258.83	848.37	34	66
SERIE FINA						
N° 10	480.63	706.15	225.52	1073.89	43	57
N° 20	439.27	555.15	115.88	1189.77	48	52
N° 40	559.81	668.30	108.49	1298.26	52	48
N° 200	299.03	630.84	331.81	1630.07	65	35
Fondo	366.57	376.07	9.50	1639.57	66	34

791.20

Cápsula N°	**N°. Golpes**	**Peso Cap. + Suelo Húmedo**	**Peso Cap. + Suelo Seco**	**Peso Cápsula**	**W %**	**Resultado**
CONTENIDO DE HUMEDAD						
MS 13		313.06	293.51	63.35	8.49	8.48
G.2 (5)		366.84	344.72	68.32	8.00	
MS 50		342.21	319.16	61.53	8.95	
LÍMITE LÍQUIDO						
J-9	18	80.54	73.94	51.70	29.68	28.39
J.B.4	22	93.20	86.58	63.64	28.86	
G 18	28	97.79	92.11	71.77	27.93	
S-1	34	94.61	89.24	69.43	27.11	
LÍMITE PLÁSTICO						
06		63.99	63.61	62.09	25.00	25.36
G 18		73.01	72.65	71.25	25.71	

Clasificación AASHTO		**Clasificación SUCS**	
Límite líquido (L.L)	28	Límite líquido (L.L)	28
Límite plástico (L.P)	25	Límite plástico (L.P)	25
Índice de plasticidad (I.P)	3	Índice de plasticidad (I.P)	6
% Pasa N° 200	35	% Pasa N° 4	66
Índice de grupo (I.G)	0 (Ed.73)	% Pasa N° 10	57
Índice de grupo (I.G)	0 (Ed.78)	% Pasa N° 200	35
Tipo de suelo	A-2-4 (0)	Tipo de suelo	SM (ML)
Grava y arena limosa de calidad excelente a buena.		Arena limosa inorgánica, mal graduada con ligera plasticidad.	



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA-MINAS E INGENIERÍA CIVIL (DGMIC)
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA ESTACIÓN AGROPECUARIA UTPL

ENSAYADO POR: Alexander León & Michelle Quezada **LOCALIZACIÓN:** Sector Cajanuma **FECHA:** 04/09/2017

SOLICITA: Holger Manuel Benavides Muñoz, PhD. **MUESTRA:** Puente Canal **NORMAS:** ASTM D 2216, 422, 4318

Muestra inicial (antes de lavado) = 3664.33 gr

Muestra de cálculo (después de lavado) = 2693.56 gr

Muestra de cálculo (serie fina) = 1143.96 gr

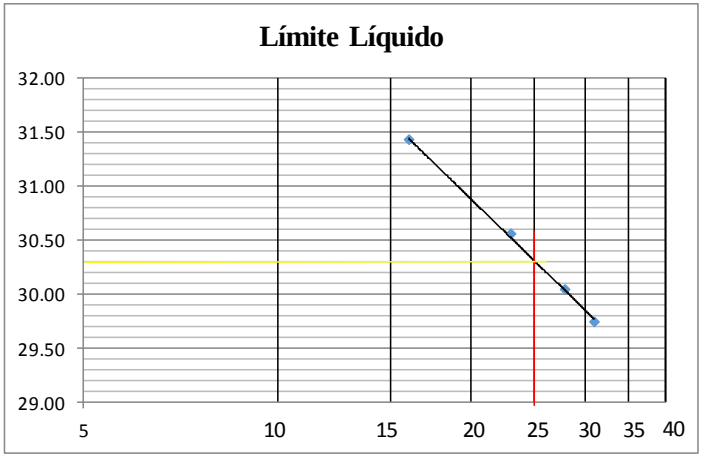
GRANULOMETRÍA

Tamiz N°	Peso Tamiz	Peso Tamiz + Muestra	Peso Retenido	Peso Retenido Acumulado	% Retenido	% Pasa
SERIE GRUESA						
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
1½"	555.81	555.81	0.00	0.00	0.00	100
1"	532.75	902.56	369.81	369.81	10	90
¾"	539.66	840.36	300.70	670.51	18	82
½"	517.36	843.61	326.25	996.76	27	73
⅜"	509.52	745.18	235.66	1232.42	34	66
N° 4	482.27	789.75	307.48	1539.90	42	58
SERIE FINA						
N° 10	480.62	786.63	306.01	1845.91	50	50
N° 20	439.48	616.66	177.18	2023.09	55	45
N° 40	559.98	664.62	104.64	2127.73	58	42
N° 200	294.56	824.78	530.22	2657.95	73	27
Fondo	366.62	392.26	25.64	2683.59	73	27

1143.69

Clasificación AASHTO		Clasificación SUCS	
Límite líquido (L.L)	30	Límite líquido (L.L)	30
Límite plástico (L.P)	24	Límite plástico (L.P)	24
Índice de plasticidad (I.P)	6	Índice de plasticidad (I.P)	7
% Pasa N° 200	27	% Pasa N° 4	58
Índice de grupo (I.G)	0 (Ed.73)	% Pasa N° 10	50
Índice de grupo (I.G)	0 (Ed.78)	% Pasa N° 200	27
Tipo de suelo	A-2-4 (0)	Tipo de suelo	SM-SC (ML)
Grava y areana limosa de calidad excelente a buena.		Arena limosa y arcillosa inorgánica, mal graduada con ligera plasticidad.	

Cápsula N°	N°. Golpes	Peso Cap. + Suelo Húmedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Cápsula	W %	Resultado
CONTENIDO DE HUMEDAD						
MS-10.81		344.37	312.35	65.18	12.95	12.57
MS 8		386.06	351.50	67.77	12.18	
LÍMITE LÍQUIDO						
Go 5.5	16	89.23	84.19	68.15	31.42	30.44
Go 3.3	23	98.55	91.64	69.02	30.55	
Go 4.4	28	92.35	87.36	70.75	30.04	
13'	31	89.43	84.32	67.14	29.74	
LÍMITE PLÁSTICO						
G.2 (5)		69.94	69.61	68.34	25.98	24.50
S-2		68.10	67.84	66.71	23.01	



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA-MINAS E INGENIERÍA CIVIL (DGMIC)
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA ESTACIÓN AGROPECUARIA UTPL

ENSAYADO POR: Alexander León & Michelle Quezada **LOCALIZACIÓN:** Sector Cajanuma **FECHA:** 04/09/2017

SOLICITA: Holger Manuel Benavides Muñoz, PhD. **MUESTRA:** Corona **NORMAS:** ASTM D 2216, 422, 4318

Muestra inicial (antes de lavado) = 3164.97 gr

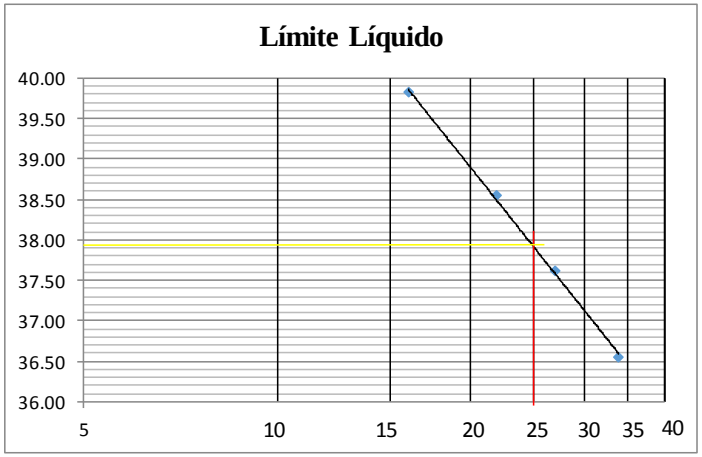
Muestra de cálculo (después de lavado) = 1840.79 gr

Muestra de cálculo (serie fina) = 705.37 gr

GRANULOMETRÍA						
Tamiz N°	**Peso Tamiz**	**Peso Tamiz + Muestra**	**Peso Retenido**	**Peso Retenido Acumulado**	**% Retenido**	**% Pasa**
SERIE GRUESA						
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
1½"	555.78	647.58	91.80	91.80	3.00	97
1"	532.68	716.52	183.84	275.64	9	91
¾"	539.62	709.52	169.90	445.54	14	86
½"	517.34	839.21	321.87	767.41	24	76
⅜"	509.52	669.69	160.17	927.58	29	71
N° 4	482.30	690.01	207.71	1135.29	36	64
SERIE FINA						
N° 10	477.33	618.23	140.90	1276.19	40	60
N° 20	445.39	496.97	51.58	1327.77	42	58
N° 40	559.88	584.71	24.83	1352.60	43	57
N° 200	294.50	756.97	462.47	1815.07	57	43
Fondo	366.59	391.63	25.04	1840.11	58	42
			704.82			

Clasificación AASHTO		Clasificación SUCS	
Límite líquido (L.L)	38	Límite líquido (L.L)	38
Límite plástico (L.P)	32	Límite plástico (L.P)	32
Índice de plasticidad (I.P)	6	Índice de plasticidad (I.P)	13
% Pasa N° 200	43	% Pasa N° 4	64
Índice de grupo (I.G)	2 (Ed.73)	% Pasa N° 10	60
Índice de grupo (I.G)	0 (Ed.78)	% Pasa N° 200	43
Tipo de suelo	A-4 (0)	Tipo de suelo	SM-SC (ML)
Limo moderadamente plástico de calidad regular a mala.		Arena limosa y arcillosa inorgánica, mal graduada con ligera plasticidad.	

Cápsula N°	N°. Golpes	Peso Cap. + Suelo Húmedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Cápsula	W %	Resultado
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Go 3.3		469.16	386.00	69.02	26.24	26.33
Go 5.5		434.83	358.19	68.15	26.42	
LÍMITE LÍQUIDO						
J.B.4	16	92.76	84.49	63.72	39.82	38.13
G 18	22	95.72	88.91	71.24	38.54	
6	27	89.93	82.16	61.50	37.61	
J-2	34	99.42	91.51	69.87	36.55	
LÍMITE PLÁSTICO						
01		70.78	70.48	69.55	32.26	32.31
2"		65.14	64.81	63.79	32.35	



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA-MINAS E INGENIERÍA CIVIL (DGMIC)
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA ESTACIÓN AGROPECUARIA UTPL
ENSAYADO POR: Alexander León & Michelle Quezada **LOCALIZACIÓN:** Sector Cajanuma **FECHA:** 04/09/2017
SOLICITA: Holger Manuel Benavides Muñoz, PhD. **MUESTRA:** Media Ladera **NORMAS:** ASTM D 2216, 422, 4318

Muestra inicial (antes de lavado) = 3098.44 gr

GRANULOMETRÍA

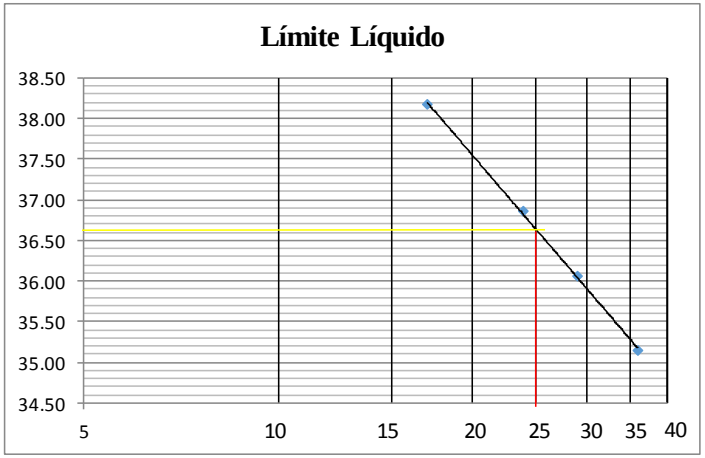
Tamiz N°	Peso Tamiz	Peso Tamiz + Muestra	Peso Retenido	Peso Retenido Acumulado	% Retenido	% Pasa
SERIE GRUESA						
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
1½"	555.81	555.81	0.00	0.00	0.00	100
1"	532.72	628.62	95.90	95.90	3	97
¾"	539.67	747.83	208.16	304.06	10	90
½"	517.36	714.03	196.67	500.73	16	84
⅜"	509.56	661.59	152.03	652.76	21	79
N° 4	482.26	752.67	270.41	923.17	30	70
SERIE FINA						
N° 10	486.06	769.05	282.99	1206.16	39	61
N° 20	445.45	597.37	151.92	1358.08	44	56
N° 40	559.86	622.39	62.53	1420.61	46	54
N° 200	294.58	562.04	267.46	1688.07	54	46
Fondo	366.59	385.98	19.39	1707.46	55	45

784.29

Clasificación AASHTO		Clasificación SUCS	
Límite líquido (L.L)	37	Límite líquido (L.L)	37
Límite plástico (L.P)	28	Límite plástico (L.P)	28
Índice de plasticidad (I.P)	9	Índice de plasticidad (I.P)	12
% Pasa N° 200	46	% Pasa N° 4	70
Índice de grupo (I.G)	2 (Ed.73)	% Pasa N° 10	61
Índice de grupo (I.G)	2 (Ed.78)	% Pasa N° 200	46
Tipo de suelo	A-4 (2)	Tipo de suelo	SC (ML)
Limo moderadamente plástico de calidad regular a mala.		Arena arcillosa mal graduada y limos inorgánicos con ligera plasticidad.	

Muestra de cálculo (después de lavado) = 1707.57 gr
Muestra de cálculo (serie fina) = 784.49 gr

Cápsula N°	N°. Golpes	Peso Cap. + Suelo Húmedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Cápsula	W %	Resultado
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Go 4.4		458.50	391.76	70.75	20.79	19.54
Go 18		461.83	401.44	71.25	18.29	
LÍMITE LÍQUIDO						
J-9	17	74.36	68.10	51.70	38.17	36.56
LF-6	24	88.19	81.95	65.02	36.86	
G-4	29	88.67	82.68	66.07	36.06	
G 18	36	92.38	87.02	71.77	35.15	
LÍMITE PLÁSTICO						
S-1		70.79	70.49	69.43	28.30	28.02
06		64.29	63.81	62.08	27.75	



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA-MINAS E INGENIERÍA CIVIL (DGMIC)
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA LA ESTACIÓN AGROPECUARIA UTPL
ENSAYADO POR: Alexander León & Michelle Quezada **LOCALIZACIÓN:** Sector Cajanuma **FECHA:** 04/09/2017
SOLICITA: Holger Manuel Benavides Muñoz, PhD. **MUESTRA:** Reservorio (Amarillo) **NORMAS:** ASTM D 2216, 422, 4318

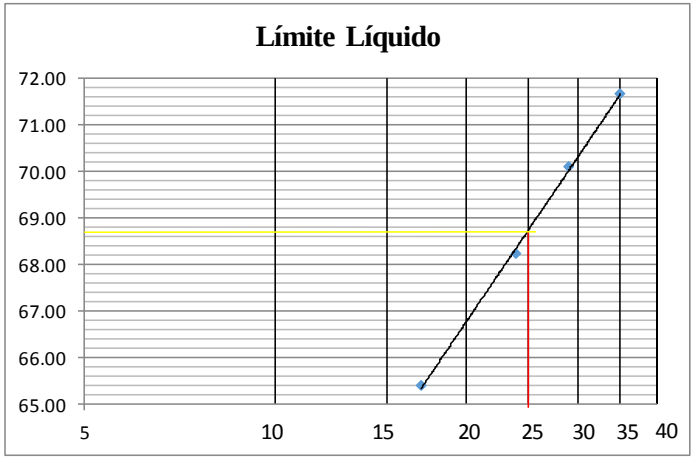
Muestra inicial (antes de lavado) = 1848.69 gr

GRANULOMETRÍA						
Tamiz N°	**Peso Tamiz**	**Peso Tamiz + Muestra**	**Peso Retenido**	**Peso Retenido Acumulado**	**% Retenido**	**% Pasa**
SERIE GRUESA						
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
1½"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
¾"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
½"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
⅜"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
N° 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100
SERIE FINA						
N° 10	480.63	488.55	7.92	7.92	0	100
N° 20	443.02	477.23	34.21	42.13	2	98
N° 40	559.88	598.78	38.90	81.03	4	96
N° 200	294.12	365.87	71.75	152.78	8	92
Fondo	366.58	367.58	1.00	153.78	8	92

Clasificación AASHTO		**Clasificación SUCS**	
Límite líquido (L.L)	69	Límite líquido (L.L)	69
Límite plástico (L.P)	44	Límite plástico (L.P)	44
Índice de plasticidad (I.P)	25	Índice de plasticidad (I.P)	36
% Pasa N° 200	92	% Pasa N° 4	100
Índice de grupo (I.G)	18 (Ed.73)	% Pasa N° 10	100
Índice de grupo (I.G)	31 (Ed.78)	% Pasa N° 200	92
Tipo de suelo	A-7-5 (31)	Tipo de suelo	MH
Arcilla con alta plasticidad, altamente compresible de calidad regular a mala.		Limo inorgánico, suelo fino arenoso o limo con mica de alta compresibilidad.	

Muestra de cálculo (después de lavado) = 153.79 gr

Cápsula N°	**N°. Golpes**	**Peso Cap. + Suelo Húmedo**	**Peso Cap. + Suelo Seco**	**Peso Cápsula**	**W %**	**Resultado**
CONTENIDO DE HUMEDAD						
J-7		357.90	258.03	58.70	50.10	49.79
LF 13		347.96	253.81	63.55	49.48	
LÍMITE LÍQUIDO						
S-2	17	101.29	89.22	70.76	65.38	68.84
Go 4.4	24	91.17	81.25	66.71	68.23	
13'	29	95.01	84.98	70.67	70.09	
Ms 100	35	88.64	79.67	67.15	71.65	
LÍMITE PLÁSTICO						
M.Y.11		58.37	58.22	57.88	44.12	44.43
J-5		56.36	56.19	55.81	44.74	



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Proyecto: ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICA MULTIPROPÓSITO PARA LA EAUTPL

Localización del proyecto Sector Cajanuma Tipo de muestra Remoldeada Muestra N° 2

Descripción del suelo Pertenece al **reservorio**, arena limosa color café claro y pardo amarillento, sin olor.

Realizado por: Alexander León & Michelle Quezada Fecha de la práctica 06/09/2017

Datos de la muestra: Área, Ao = 8.709 cm² Longitud, *Lo* 6.99 cm

Datos de la máquina: Velocidad de carga = 2 rev /min Constante del anillo de carga LRC (kg/div) = 0.8517

Lectura del deformímetro (x0.001")	Deformímetro de carga (kg)	Deformación de la muestra ΔL (kg)	Deformación unitaria (ΔL/Lo)	Factor de correción de área 1 - ϵ	Área corregida, A' (cm²)	Carga total sobre la muestra (Col. 2 x LRC)	Esfuerzo desviador***a*** (kg/cm²)
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
5	3.5	0.005	0.0018	0.9982	8.7251	2.9810	0.3417
10	6.0	0.010	0.0036	0.9964	8.7410	5.1102	0.5846
20	11.0	0.020	0.0073	0.9927	8.7730	9.3687	1.0679
30	15.2	0.030	0.0109	0.9891	8.8053	12.9458	1.4702
40	18.1	0.040	0.0145	0.9855	8.8378	15.4158	1.7443
50	20.7	0.050	0.0182	0.9818	8.8705	17.6302	1.9875
60	22.8	0.060	0.0218	0.9782	8.9035	19.4188	2.1810
70	24.0	0.070	0.0255	0.9745	8.9367	20.4408	2.2873
80	25.0	0.080	0.0291	0.9709	8.9702	21.2925	2.3737
90	25.8	0.090	0.0327	0.9673	9.0039	21.9739	2.4405
100	26.4	0.100	0.0364	0.9636	9.0379	22.4849	2.4879
110	27.0	0.110	0.0400	0.9600	9.0721	22.9959	2.5348
120	27.3	0.120	0.0436	0.9564	9.1066	23.2514	2.5533
130	27.6	0.130	0.0473	0.9527	9.1413	23.5069	2.5715
140	28.0	0.140	0.0509	0.9491	9.1764	23.8476	2.5988
150	28.0	0.150	0.0545	0.9455	9.2117	23.8476	2.5889
160	28.0	0.160	0.0582	0.9418	9.2472	23.8476	2.5789

Nota: Introducir las unidades necesarias en los encabezamientos.

a El cálculo de esfuerzo desviador mostrado se basa en la tara del sistema de carga, de forma que la lectura del anillo de carga proporciona directamente el valor de la carga desviadora. σ = (Col. 2 x LRC)/A'.

Datos calculados

Presión lateral sobre la muestra $\sigma_3 =$ 0.5 kg/cm²

Esfuerzo desviador máximo (de la curva esfuerzo-deformación) $\sigma =$ 2.599 kg/cm²

Valor máximo del esfuerzo mertical $\sigma_1 = \sigma + \sigma_3 =$ 3.099 kg/cm²

C	**R**
1.79940	1.29940

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Proyecto: ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICA MULTIPROPÓSITO PARA LA EAUTPL

Localización del proyecto Sector Cajanuma Tipo de muestra Remoldeada Muestra N° 1

Descripción del suelo Pertenece al **reservorio**, arena limosa color café claro y pardo amarillento, sin olor.

Realizado por: Alexander León & Michelle Quezada Fecha de la práctica 06/09/2017

Datos de la muestra: Área, Ao = 8.605 cm² Longitud, *Lo* 7.08 cm

Datos de la máquina: Velocidad de carga = 2 rev /min Constante del anillo de carga LRC (kg/div) = 0.8517

Lectura del deformímetro (x0.001")	Deformímetro de carga (kg)	Deformación de la muestra ΔL (kg)	Deformación unitaria (ΔL/Lo)	Factor de correción de área 1 - ϵ	Área corregida, A' (cm²)	Carga total sobre la muestra (Col. 2 x LRC)	Esfuerzo desviador (kg/cm²)
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
5	3.1	0.005	0.0018	0.9982	8.6204	2.6403	0.3063
10	4.8	0.010	0.0036	0.9964	8.6360	4.0882	0.4734
20	8.4	0.020	0.0072	0.9928	8.6672	7.1543	0.8254
30	12.0	0.030	0.0108	0.9892	8.6986	10.2204	1.1749
40	15.2	0.040	0.0144	0.9856	8.7303	12.9458	1.4829
50	17.9	0.050	0.0179	0.9821	8.7622	15.2454	1.7399
60	20.5	0.060	0.0215	0.9785	8.7943	17.4599	1.9854
70	22.5	0.070	0.0251	0.9749	8.8266	19.1633	2.1711
80	24.1	0.080	0.0287	0.9713	8.8592	20.5260	2.3169
90	25.3	0.090	0.0323	0.9677	8.8921	21.5480	2.4233
100	26.4	0.100	0.0359	0.9641	8.9252	22.4849	2.5193
110	27.3	0.110	0.0395	0.9605	8.9585	23.2514	2.5955
120	28.4	0.120	0.0431	0.9569	8.9921	24.1883	2.6899
130	29.3	0.130	0.0466	0.9534	9.0259	24.9548	2.7648
140	29.7	0.140	0.0502	0.9498	9.0600	25.2955	2.7920
150	29.7	0.150	0.0538	0.9462	9.0944	25.2955	2.7814
160	29.7	0.160	0.0574	0.9426	9.1290	25.2955	2.7709

Nota: Introducir las unidades necesarias en los encabezamientos.

a El cálculo de esfuerzo desviador mostrado se basa en la tara del sistema de carga, de forma que la lectura del anillo de carga proporciona directamente el valor de la carga desviadora. σ = (Col. 2 x LRC)/A'.

Datos calculados

Presión lateral sobre la muestra $\sigma_3 =$ 1 kg/cm²

Esfuerzo desviador máximo (de la curva esfuerzo-deformación) $\sigma =$ 2.792 kg/cm²

Valor máximo del esfuerzo mertical $\sigma_1 = \sigma + \sigma_3 =$ 3.792 kg/cm²

C	**R**
2.39599	1.39599

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Proyecto: ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICA MULTIPROPÓSITO PARA LA EAUTPL

Localización del proyecto Sector Cajanuma Tipo de muestra Remoldeada Muestra N° 3

Descripción del suelo Pertenece al **reservorio**, arena limosa color café claro y pardo amarillento, sin olor.

Realizado por: Alexander León & Michelle Quezada Fecha de la práctica 06/09/2017

Datos de la muestra: Área, Ao = 8.579 cm² Longitud, *Lo* 6.98 cm

Datos de la máquina: Velocidad de carga = 2 rev /min Constante del anillo de carga LRC (kg/div) = 0.8517

Lectura del deformímetro (x0.001")	Deformímetro de carga (kg)	Deformación de la muestra ΔL (kg)	Deformación unitaria (ΔL/Lo)	Factor de correción de área $1-\epsilon$	Área corregida, A' (cm²)	Carga total sobre la muestra (Col. 2 x LRC)	Esfuerzo desviador***a*** (kg/cm²)
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
5	3.7	0.005	0.0018	0.9982	8.5948	3.1513	0.3667
10	7.2	0.010	0.0036	0.9964	8.6105	6.1322	0.7122
20	12.2	0.020	0.0073	0.9927	8.6420	10.3907	1.2024
30	16.1	0.030	0.0109	0.9891	8.6738	13.7124	1.5809
40	18.9	0.040	0.0146	0.9854	8.7058	16.0971	1.8490
50	20.8	0.050	0.0182	0.9818	8.7381	17.7154	2.0274
60	22.5	0.060	0.0218	0.9782	8.7706	19.1633	2.1849
70	23.9	0.070	0.0255	0.9745	8.8033	20.3556	2.3123
80	25.1	0.080	0.0291	0.9709	8.8363	21.3777	2.4193
90	26.4	0.090	0.0327	0.9673	8.8696	22.4849	2.5351
100	27.6	0.100	0.0364	0.9636	8.9030	23.5069	2.6403
110	28.5	0.110	0.0400	0.9600	8.9368	24.2735	2.7161
120	29.2	0.120	0.0437	0.9563	8.9708	24.8696	2.7723
130	30.0	0.130	0.0473	0.9527	9.0050	25.5510	2.8374
140	30.8	0.140	0.0509	0.9491	9.0396	26.2324	2.9020
150	31.3	0.150	0.0546	0.9454	9.0743	26.6582	2.9378
160	32.0	0.160	0.0582	0.9418	9.1094	27.2544	2.9919
170	32.5	0.170	0.0618	0.9382	9.1447	27.6803	3.0269
180	32.9	0.180	0.0655	0.9345	9.1803	28.0209	3.0523
190	33.0	0.190	0.0691	0.9309	9.2162	28.1061	3.0496
200	33.2	0.200	0.0728	0.9272	9.2524	28.2764	3.0561
210	33.3	0.210	0.0764	0.9236	9.2888	28.3616	3.0533
220	33.3	0.220	0.0800	0.9200	9.3255	28.3616	3.0413
230	33.3	0.230	0.0837	0.9163	9.3626	28.3616	3.0293

Nota: Introducir las unidades necesarias en los encabezamientos.

a El cálculo de esfuerzo desviador mostrado se basa en la tara del sistema de carga, de forma que la lectura del anillo de carga proporciona directamente el valor de la carga desviadora. σ = (Col. 2 x LRC)/A'.

Datos calculados

Presión lateral sobre la muestra $\sigma_3 =$ 2 kg/cm²

Esfuerzo desviador máximo (de la curva esfuerzo-deformación) $\sigma =$ 3.056 kg/cm²

Valor máximo del esfuerzo mertical $\sigma_1 = \sigma + \sigma_3 =$ 5.056 kg/cm²

C	R
3.52807	1.52807

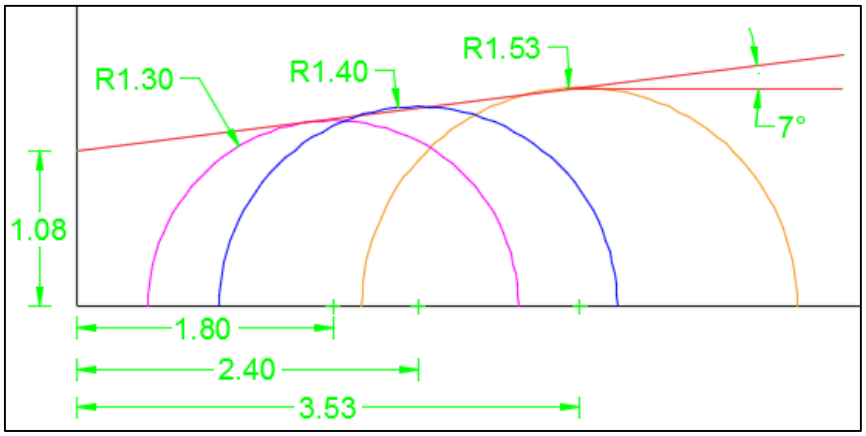


Figura 4.1. Círculos de Mohr.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Ángulo de fricción (ϕ) = 7°

Cohesión (C) = 1.08 Kg/cm^2

Profundidad de cimentación (Df) = 100 cm

Inclinación respecto a la vertical (β) = 0°

Peso específico del suelo (γ) = 0.00167 Kg/cm^3

Factor de seguridad (FS) = 3

CAPACIDAD DE CARGA – MEYERHOF

$$q_{ult} = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + 1/2\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i} = 14.17\,Kg/cm^2 \quad (4\text{-}1)$$

c = 1.08 Kg/cm^2	q = 0.167 Kg/cm^2	c = 1.08 Kg/cm^2
N_c = 7.158	N_q = 1.879	B = 100 cm
F_{cs} = 1.262	F_{qs} = 1.123	$F_{\gamma s}$ = 1.262
F_{cd} = 1.405	F_{qd} = 1.189	$F_{\gamma d}$ = 1.405
F_{ci} = 1.00	F_{qi} = 1.00	$F_{\gamma i}$ = 1.00

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS} = \frac{14.17\,Kg/cm^2}{3} = 4.72\,Kg/cm^2 \quad (4\text{-}2)$$

ANEXO 5. DISEÑOS HIDRÁULICOS

5.1. Encauzamiento

5.1.1. Diseño del muro de encauzamiento.

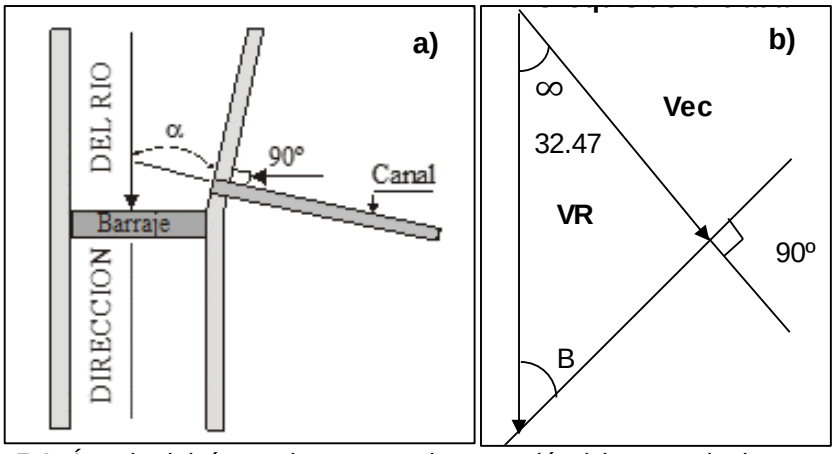


Figura 5.1. Ángulo del río con la ventana de captación (a) y croquis de entrada (b).
Fuente: Apuntes de Hidráulica III, 2014.
Elaboración: Los Autores, 2017.

DATOS		
Caudal de máxima crecida (Qmax)	1.87	m³/s
Ancho de barraje (b)	1.00	m
Altura del agua sobre la cresta del azud (H)	1.19	m
Velocidad de entrada al canal (Vec)	1.87	m/s

Velocidad del río

Vr = 1.58 m/s

Ángulo de entrada a la ventana o reja

$$\frac{Vr}{Vec} = \frac{1.58}{1.87} = 0.84 \quad (5\text{-}1)$$

α = 32.47

Cálculo de la altura de muros

m = 2.21 para vertederos de pared gruesa o azud trapezoidal

$$H = \left(\frac{Q}{m \times b}\right)^{2/3} = \left(\frac{1.87}{2.21 \times 1.00}\right)^{2/3} = 0.89\, m \quad (5\text{-}2)$$

BL = 0.40 m

Altura para los muros laterales = 1.29 m

Por ende, la altura asumida es de **1.30** m.

5.1.2. Refuerzo del muro.

DATOS		
Hw	0.90	m
e_w	0.10	m
Ø	10.00	mm
f'c	210.00	Kg/cm²

1. Cálculo de la fuerza de empuje.

E = 895.00 Kg/m^2.

Altura al centro de gravedad.

hc = 0.30 m.

2. Empuje hidrostático.

E = 447.50 Kg/m

3. Momento flexionante.

M = 133.50 Kg·m/ml.

4. Momento último

Mu = 226.96 Kg·m/ml.

5. Cálculo del acero necesario para la pared (para 1 ml)

Acero necesario por flexión.

$$A_s = 0.85\frac{f'_c}{f_y} b \times d\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2.36M_u}{\phi b d^2 f'_c}}\right] = 1.12\ cm^2 \quad (5\text{-}3)$$

d = 5.50 cm

Ru = 8.34 Kg/cm^2

Acero mínimo por temperatura.

$$A_s = 1.8eb = 1.80\ cm^2 \quad (5\text{-}4)$$

Acero mínimo por flexión.

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} bd = 1.83\ cm^2 \quad (5\text{-}5)$$

Acero adoptado, **As = 1.83 cm²**

Separación, s = 25.00 cm.

Armado, **1 Ø 10 @ 25 cm.**

5.2. Captación de fondo tipo escalera

5.2.1. Diseño de la captación.

5.2.1.1. Rejilla de fondo.

DATOS DE ENTRADA		
$Q_{captación}$	2.00	l/s
Ancho Rio	1.00	m
f	30.00	%
s	1.00	cm
i	0.20	m/m
t	2.50	cm

1. Determinar el coeficiente de contracción C que varía en función de la disposición de los hierros de la rejilla. Su valor depende de la inclinación α de la rejilla con la horizontal y está dado por:

$$C = Co - (0.325 \times i) \tag{5-6}$$

Si e_o/s es mayor a 4, Co es igual 0.6, caso contrario es igual a 0.5. e_o tiende al valor t.

$e_o/s = 2.50$ Co = 0.50 C = 0.435

2. Determinar el coeficiente K que reduce el área efectiva disponible, que para el caso del agua está dado por:

$$K = (1 - f) \times \frac{s}{s + t} = (1 - 0.30) \times \frac{1}{1 + 2.50} = 0.20 \tag{5-7}$$

3. Calcular el ancho necesario de la rejilla (b), con la siguiente expresión:

$$b = \frac{0.313 \times Q}{(C \times K)^{\frac{3}{2}} \times L^{\frac{3}{2}}} \tag{5-8}$$

Suponiendo que las pletinas comerciales vienen en tamaños de 6 m y la rejilla tendrá 5 cm de apoyo a cada lado.

$$\propto = \tan^{-1}(i) = \tan^{-1}(0.20) = 11.31 \tag{5-9}$$

Debido al paso oblicuo del agua, la longitud efectiva de la rejilla (Le) es menor que la longitud L.

$$Le = L \times \cos(\alpha) \tag{5-10}$$

Opción	N° de pedazos	Longitud de cada pedazo (m)	Proyección horizontal	L	$L^{3/2}$	b	Condición
1	18	0.333	0.327	0.230	0.108	0.226	✓
2	19	0.316	0.310	0.210	0.096	0.254	✓
3	20	0.300	0.294	0.190	0.086	0.285	✓
4	21	0.286	0.280	0.180	0.076	0.319	✓
5	22	0.273	0.267	0.170	0.069	0.356	✓

Se escogió la opción 1, es decir, b = 0.23 m y L = 0.23 m.

4. Determinar la altura del barrote (e), el cual debe resistir el peso de las piedras que pasen por encima. Se supone que el río en época de crecida, puede arrastrar piedras cuyo volumen es equivalente a una esfera de 20 cm diámetro.

$$Volumen = \frac{1}{6} \times \pi \times D^3 = \frac{1}{6} \times 3.1416 \times (0.2)^3 = 0.0042\ m^3 \quad (5\text{-}11)$$

El peso específico de una piedra común de río (γ) es 2.6 Tn/m^3.
Asumiendo una resistencia de trabajo (S) de 1200 Kg/cm^2.

Conociendo que peso es la densidad por el volumen, se supone que la piedra está sumergida.

$$P = (\gamma - 1)V = (2.6 - 1)0.0042 = 0.0067\ Tn \quad (5\text{-}12)$$

$$M = \frac{P}{8}(L + 0.05) \quad (5\text{-}13) \qquad w = \frac{M}{S} \quad (5\text{-}14) \qquad w = \frac{e^2 t}{6} \quad (5\text{-}15)$$

Opción	L (m)	L+0.05 (m)	M (Tn·m)	W necesario (cm^3)	t (cm)	Pletina e (cm)	W pletina (cm^3)	Condición
1	0.23	0.28	0.00023	0.019	2.50	3.18	4.21	✓
2	0.21	0.26	0.00022	0.018	2.50	3.18	4.21	✓
3	0.19	0.24	0.00021	0.017	2.50	2.54	2.69	✓
4	0.18	0.23	0.00019	0.016	2.50	2.54	2.69	✓
5	0.17	0.22	0.00018	0.015	2.50	1.00	0.48	✓

Se escogió la opción 5, es decir:

e (cm)	s (cm)	e/s	Co	C
1.00	1.00	1.00	0.50	0.44

5. Calcular la carga que pasa sobre la rejilla (Ho) con la ecuación (5-17) obtenida a partir de la ecuación (5-16).

$$Q = 2.55 \times C \times k \times b \times L \times \sqrt{Ho} \quad (5\text{-}16)$$

$$Ho = \left(\frac{Q}{2.55 \times C \times K \times b \times L}\right)^2 = \left(\frac{0.002}{2.55 \times 0.435 \times 0.2 \times 0.23 \times 0.23}\right)^2 = 0.031\ m \quad (5\text{-}17)$$

6. Finalmente se calculan los parámetros finales de la rejilla de captación.

$$n = \frac{b}{s} = \frac{23}{1} = 23\ espacios \quad (5\text{-}18)$$

$$N = n + 1 = 23 + 1 = 24\ barrotes \quad (5\text{-}19)$$

$$B = b + (N \times t) = 23 + (24 \times 2.50) = 83\ cm \quad (5\text{-}20)$$

Se adoptan las siguientes medidas construibles.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
L	0.25	m
B	0.85	m
e	1.00	cm
t	2.50	cm
n	24	barras
Ho	0.10	m

5.2.1.2. Galería.

DATOS DE ENTRADA		
Q	0.002	m^3/s
b	0.25	m
L vertedero	1.00	m
b´	0.85	m

1. Se calcula la profundidad crítica (Yc) y la velocidad critica (Vc)

$$Vc = \sqrt{g \times Yc} \qquad (5\text{-}21)$$

$$Yc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \times b^2}} \qquad (5\text{-}22)$$

Yc	0.019	m
Vc	0.428	m/s

2. Determinar la altura de agua al inicio (H1) y al final (H2) del canal recolector.

$$H2 = 1.1 \times Yc = 1.1 \times 0.019 = 0.021\, m = 2.055\, cm \qquad (5\text{-}23)$$

$$L = \frac{Long.\ vertedero}{2} + \frac{Ancho\ rejilla}{2} = \frac{1.00}{2} + \frac{0.85}{2} = 0.925\, m \qquad (5\text{-}24)$$

Se asume una pendiente del canal aproximadamente del 2 % al 3 % con el fin de tener auto limpieza de sedimentos, s = 0.02 m/m.

$$H1 = \sqrt{\frac{2 \times Yc^3}{H2} + \left(H2 - \frac{L \times s}{3}\right)^2} - \frac{2 \times L \times s}{3} = 0.017\, m = 1.668\, cm \qquad (5\text{-}25)$$

Se observa que el agua alcanza una altura máxima de H2, considerando un borde libre para la canaleta, la profundidad del canal al menos se puede fijar en aproximadamente **15** cm.

Para asegurar las condiciones de flujo, se calcula la velocidad al final del canal recolector.

$$A = L(rejilla) \times H2 = 0.0051\, m^2 \qquad (5\text{-}26)$$

$$V2 = \frac{Q}{A} = 0.389\, m/s \qquad (5\text{-}27)$$

$$\mathrm{V2} < \mathrm{Vc} = 0.389 < 0.428 \qquad (5\text{-}28)$$

Como la función de la ecuación (5-28) se cumple, las dimensiones asumidas son correctas.

Flujo subcrítico.

RESULTADOS		
b	0.25	m
h	0.15	m
s	2.00	%
L	0.93	m

5.2.1.3. Cámara de recolección.

La velocidad de entrada a la cámara de recolección será la velocidad al final de la galería, que debido a la pendiente de la galería tendría dos componentes, pero puesto que la pendiente es pequeña no se considera la velocidad en y.

Adoptando una altura de cámara de recolección de 0.60 m, se tiene:

h	0.60	m
V	0.39	m/s
t	0.35	s
x	0.14	m

Los valores son obtenidos mediante las ecuaciones (5-29) a (5-31).

$$y = \frac{1}{2} \times g \times t^2 \quad (5\text{-}29) \qquad t = \left(\frac{2 \times y}{g}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (5\text{-}30) \qquad x = V \times tw = \frac{e^2 t}{6} \quad (5\text{-}31)$$

Se decide adoptar un valor de X = 0.50 m.

Se calcula el caudal máximo que ingresa a la cámara de recolección en época de máxima crecida con la ecuación (5-32).

$$Q = 2.55 \times C \times k \times h \times L \times \sqrt{Ho} \quad (5\text{-}32)$$

Del cálculo de la rejilla se tiene:

L	0.25	m
b	0.23	m
Ho	1.05	m
C	0.44	
K	0.20	
Qmax	0.01	m^3/s
Qmax	**13.07**	**l/s**

El volumen de la cámara V será:

$$V = Qmax \times tr = 0.131\, m^3 \quad (5\text{-}33)$$

Geométricamente el volumen es igual a la ecuación (5-34).

$$V = a \times b \times h \quad (5\text{-}34)$$

H	0.60	m
a	0.50	m
b	0.44	m

Se calcula también el caudal de excesos que ingresa a la cámara de recolección por medio de la ecuación (5-35).

$$Qexc = Qmax - Qdiseño = 13.07 - 2.00 = 11.07\ l/s \quad (5\text{-}35)$$

La carga sobre el vertedero de excesos, se despeja de la ecuación (5-36) en base al caudal excedente (Qexc), obteniendo la ecuación (5-37).

$$Qexc = 1.838 \times L \times Hc^{3/2} \quad (5\text{-}36)$$

$$Hc = \left(\frac{Qexc}{1.838 \times L}\right)^{2/3} \quad (5\text{-}37)$$

Qexc	0.011	m³/s
L	0.40	m
Hc	0.06	m
Hc	6.10	cm

Es necesario definir las dimensiones del vertedero triangular capaz de dejar pasar el caudal de diseño a la cámara de salida, empleando la ecuación (5-38).

$$h = \left(\frac{Qdiseño}{1.40}\right)^{2/5} \quad (5\text{-}38)$$

Q	0.002	m³/s
h	0.073	m
h	7.277	cm

H	14.55	cm	$H = 2 \times h$	(5-39)
a	14.55	cm	$a = H$	(5-40)
L	29.11	cm	$L = 2 \times a$	(5-41)

La cámara de salida se determina la velocidad de entrada.

$$A = \frac{1}{2} \times (a \times h) \quad (5\text{-}42) \qquad V = \frac{Qdiseño}{A} \quad (5\text{-}43)$$

a	0.15	m
b	0.07	m
A	0.0053	m²
V	0.3777	m/s

Se asume una altura de la cámara de 0.60 m. Aplicando la ecuación (5-30) se obtiene t = 0.35 s y por medio de la ecuación (5-31) se tiene un valor de X de 0.13 m, por lo tanto, se asume X = 0.50 m.

Finalmente, el agua que sale de la cámara de salida será conducida al desarenador por un pequeño canal con base de 0.40 m.

B	0.44	m
H	0.60	m
b	0.44	m

La longitud de transición se obtiene mediante la ecuación (5-44) y debido a las pequeñas dimensiones del elemento se tiene como resultado 0.00, es decir, no existe transición.

$$Lt = \frac{B2 - B1}{2 \times tan(12.5)} \quad (5\text{-}44)$$

5.2.2. Anclaje de la captación.

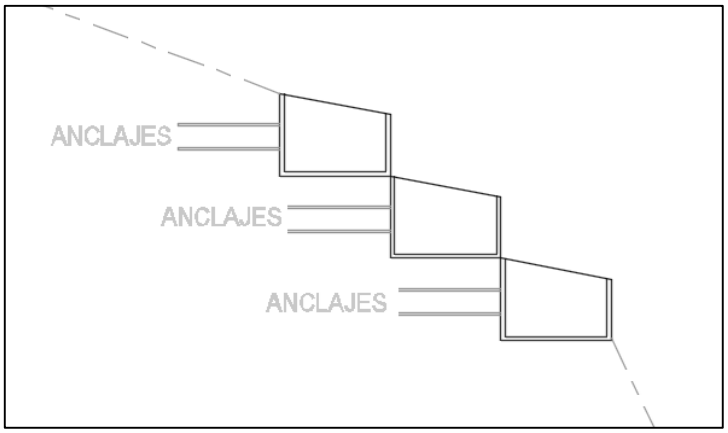


Figura 5.2. Anclajes de la captación de fondo tipo escalera.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

1. Peso de la cámara de captación (condiciones críticas).

Dimensiones caja	
B(m)	0.250
H(m)	0.211
H'(m)	0.158
e(m)	0.002
L(m)	0.85

Peso de la caja	8.26	Kg
Peso de la rejilla	13.91	Kg
W agua (caja llena)	39.23	Kg
*1.50*W total*	92.10	Kg

Dimensiones de rejilla	
L(m)	0.275
b(m)	0.850
t(m)	0.020
e(m)	0.010
N(barr.)	24

2. Esfuerzo cortante producido por el peso.

Datos varilla roscada	
Nvarillas	10
D(mm)	12
fy(Mpa)	420

F	90.346	N
Av	0.000	m2
τ_{prom}	0.799	Mpa

3. Longitud de anclaje.

L(m)	0.30
d(mm) +mortero	18.00
u (mortero-roca)	0.60
γ (Kg/m³)	2650
Fricción (°)	20

$$T = F_f = 0.5\pi\gamma\mu d K_p L^2 \quad (5\text{-}45)$$

De la ecuación (5-45) se obtiene la fuerza de fricción entre el perno y el suelo, siendo, F_f = 8.25 Kg para cada barra, una fuerza total de 82.52 Kg para el conjunto de 10 barras.

Como resultado se tiene una longitud de anclaje igual a 30.00 cm.

5.2.3. Apoyo y anclaje de la tubería.

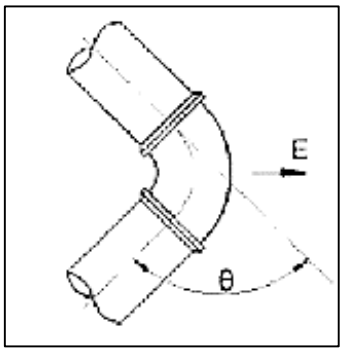


Figura 5.3. Anclaje.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

DATOS		
D	63.00	mm
α	45.00	°
H	100.00	mca
ϕ	20.00	°
qadm	40.00	T/m²
Yh	2.40	T/m³

$$E = 2 \times \gamma \times Pt \times A \times \sin\left[\frac{\phi}{2}\right] = 238.6\ Kg \tag{5-46}$$

El área del macizo de anclaje se determina por la ecuación (5-47).

$$A = \frac{E}{C} \tag{5-47}$$

A	0.006	m²
B	7.723	cm
B	8.1	cm

$$V > \frac{(1.1 \times E - C \times A)}{\gamma_h \times \tan(\varphi)} \tag{5-48}$$

V >	0.00	m³
h >	0.03	cm
h	1.00	cm

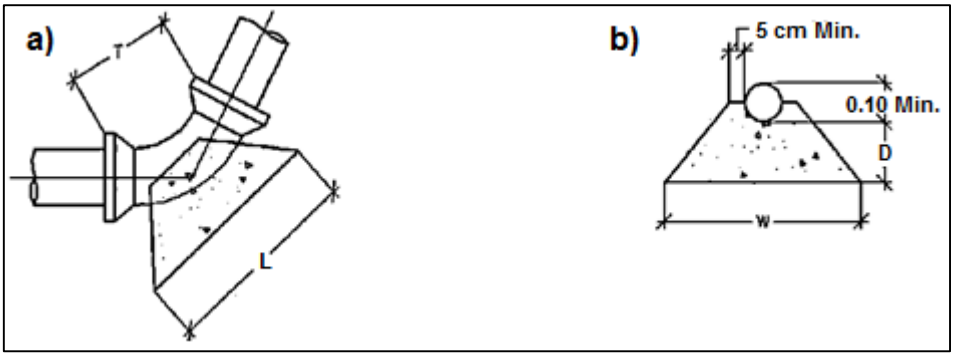


Figura 5.4. Esquema de la proyección y del apoyo y el anclaje (a) y vista frontal del elemento a (b).
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 5.1. Valores recomendados para codo de 45 grados.

DIAM (mm)	Resistencia del Suelo >2 Kg/cm²				Resistencia del Suelo 1 Kg/cm²				Resistencia del Suelo 0.5 Kg/cm²			
	D	L	W	T	D	L	W	T	D	L	W	T
75	15	20	20	15	15	25	20	15	15	40	20	15
100	15	20	20	20	15	30	25	20	15	55	25	20
150	15	30	30	25	15	45	35	25	15	75	40	25
200	15	40	35	35	15	65	40	35	20	95	55	35
250	15	55	40	40	15	95	45	40	20	120	70	40

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Parámetro	Dimensiones Calculadas	Dimensiones recomendadas
L	8.10 cm	20.00 cm
W	8.10 cm	20.00 cm
D	1.0 cm	15.00 cm

5.3. Captación tipo Coanda

5.3.1. Rejilla Coanda.

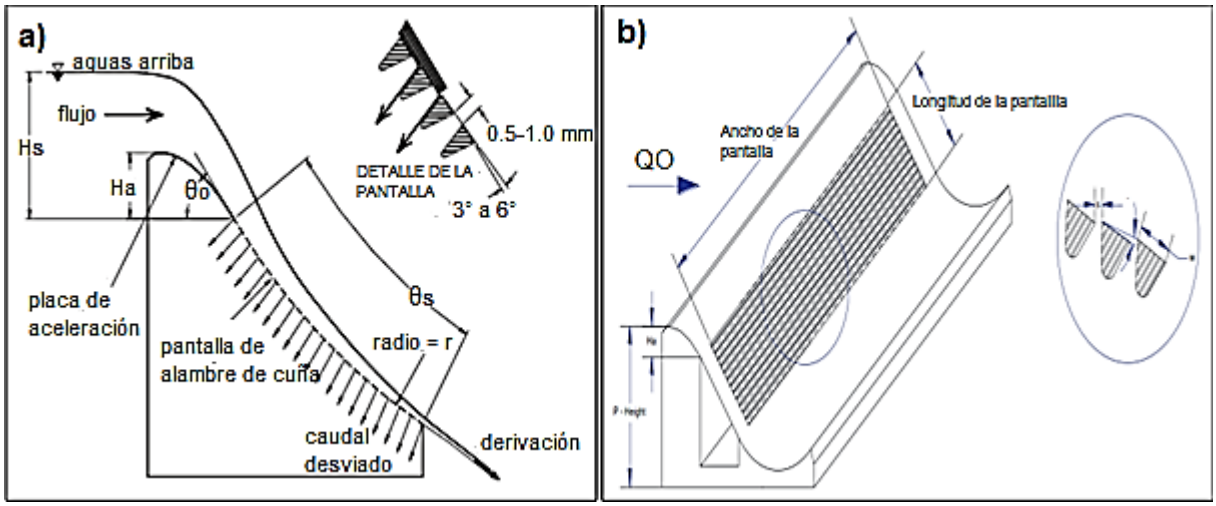


Figura 5.5. Esquema la captación Coanda (a), detalle de la rejilla Conada (b).
Fuente: HPCES, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

ESTRUCTURA

Datos de entrada		
Ancho de la rejilla coanda	0.30	m
Largo de la rejilla	0.15	m
La panta sera de forma plana (Flat Screen)		

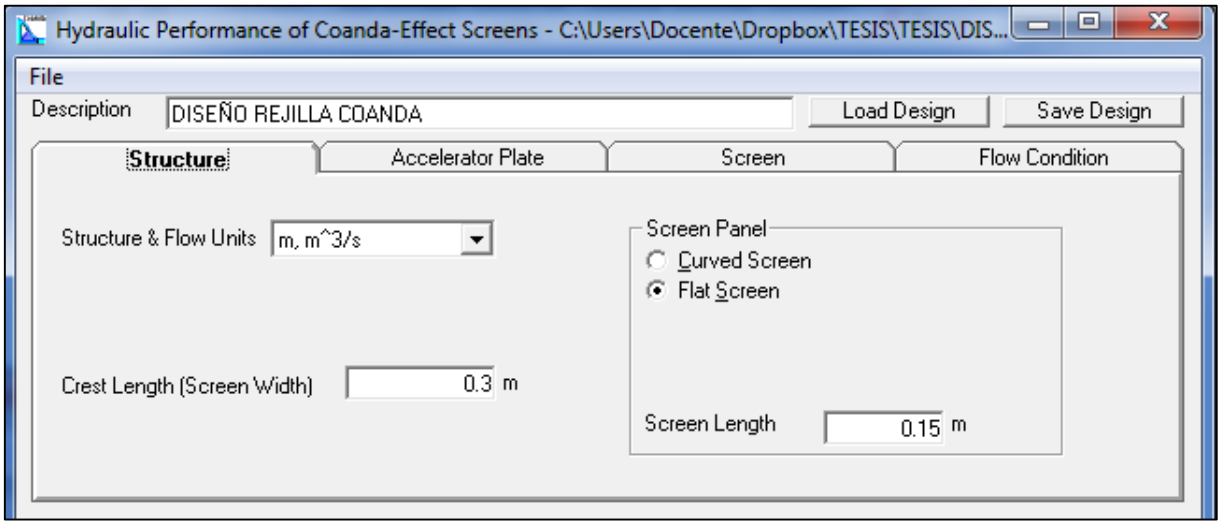


Figura 5.6. Captura de pantalla de la pestaña “Structure” del programa HPCES.
Fuente: HPCES, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

PLACA DE ACELERACIÓN

Para la rejilla Coanda se utilizará un perfil de creta genérica como es el Perfil Creagger (Generic Crest). En la pestaña Solve for se activa la opción Accelator Drop Height para determinar la distancia entre la cresta y la pantalla Ha.

Caudal de diseño	1.87	m³/s
Inclinación de la pantalla (asumido)	50	grados
Altura del paramento (Creaguer)	0.45	m

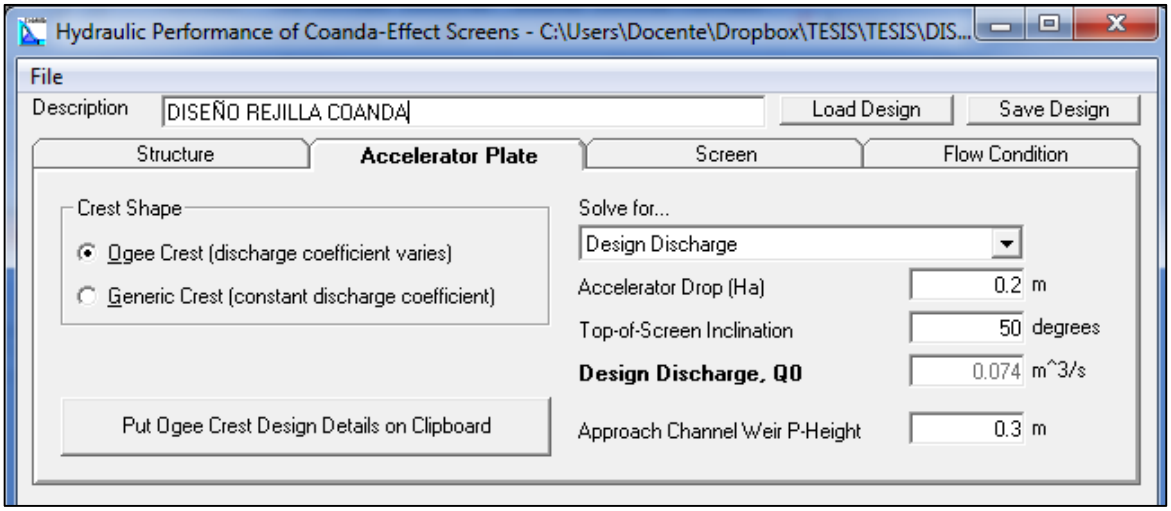


Figura 5.7. Captura de pantalla de la pestaña "Accelerator Plate" del programa HPCES.
Fuente: HPCES, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

PANTALLA

Screen Slot Size (separación entre barras)	0.5 mm
Screen Wire Width (ancho de la barra)	4.76 mm
Screen Wire Tilt Angle (inclinación entre barrote y barrote)	5 grados
Wire offset Height (altura de desplazamiento del perfil)	
Number of slots (número de barrotes)	

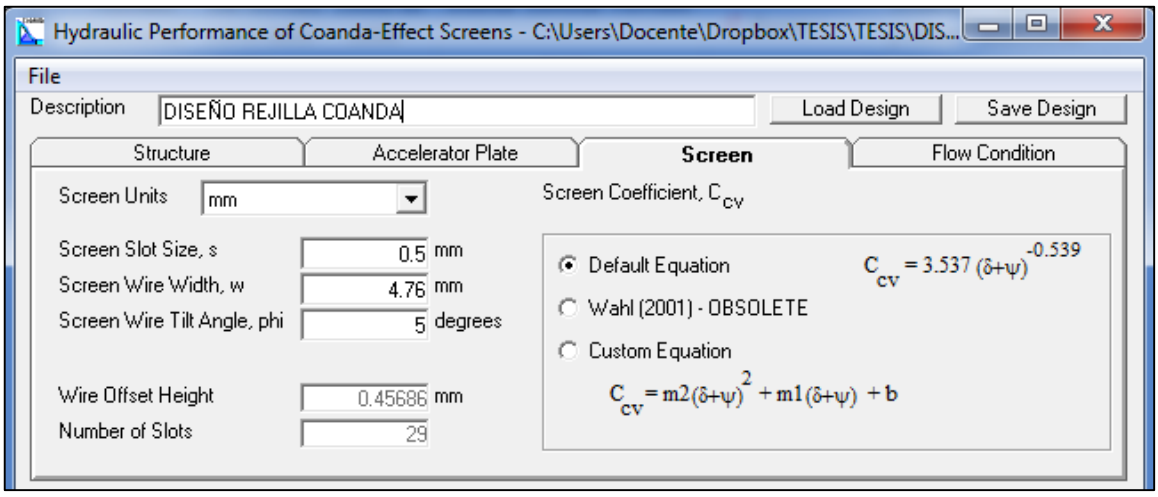


Figura 5.8. Captura de pantalla de la pestaña "Screen" del programa HPCES.
Fuente: HPCES, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

CONDICIONES DE FLUJO

Inflow (caudal del cauce)	0.002	m^3/s
Pool to Screen Drop Height (altura de carga en pantalla)		

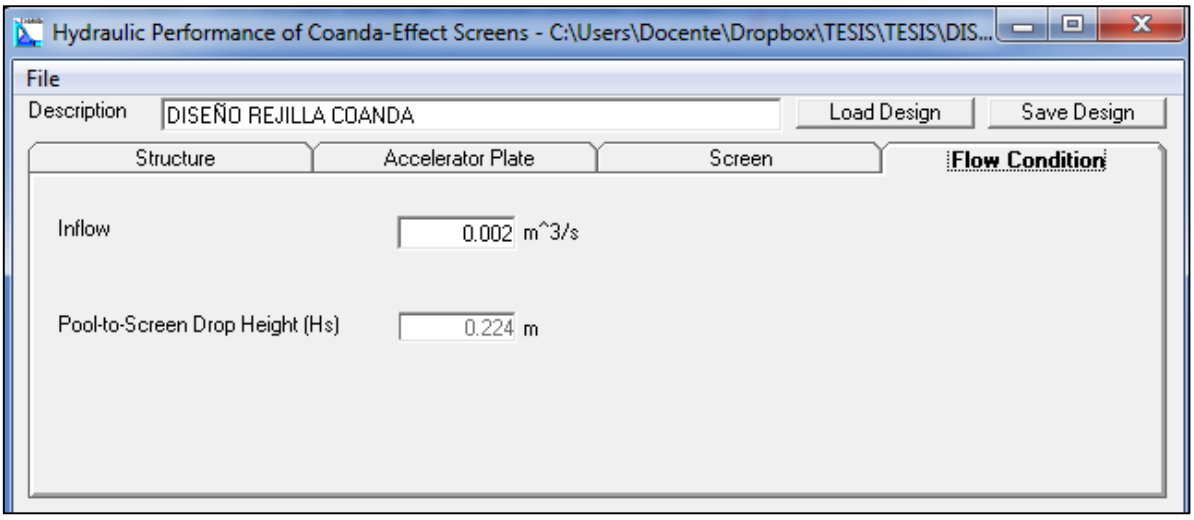
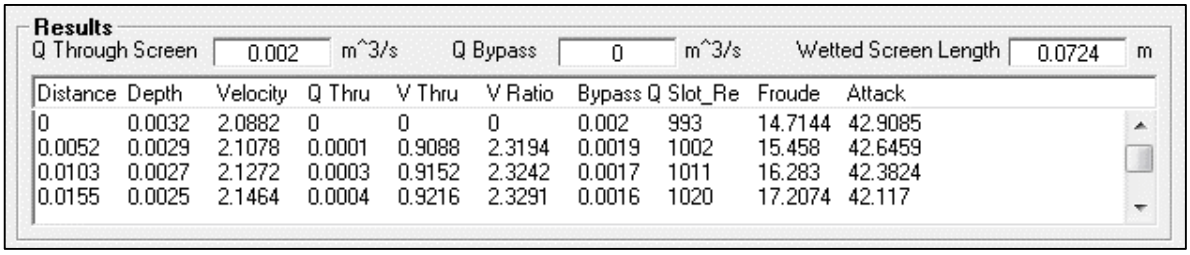


Figura 5.9. Captura de pantalla de la pestaña "Flow Condition" del programa HPCES.
Fuente: HPCES, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

RESULTADOS FINALES



Distance	Depth	Velocity	Q Thru	V Thru	V Ratio	Bypass Q	Slot_Re	Froude	Attack
0	0.0032	2.0882	0	0	0	0.002	993	14.7144	42.9085
0.0052	0.0029	2.1078	0.0001	0.9088	2.3194	0.0019	1002	15.458	42.6459
0.0103	0.0027	2.1272	0.0003	0.9152	2.3242	0.0017	1011	16.283	42.3824
0.0155	0.0025	2.1464	0.0004	0.9216	2.3291	0.0016	1020	17.2074	42.117

Figura 5.10. Captura de pantalla de los resultados de la rejilla Coanda dados por el programa HPCES.
Fuente: HPCES, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

El diseño propuesto es adecuado debido a que toda la longitud de la rejilla es utilizada y las velocidades son relativamente altas, lo que permitirá la auto-limpieza de la rejilla Coanda, evitando acumulación de sedimentos.

5.3.2. Cámara de recolección.

Al igual que la galería, su diseño sigue el mismo procedimiento que en el caso de la captación de fondo tipo escalera.

Adoptando una altura de cámara de recolección de 0.60 m, se tiene:

h	0.6	m
V	0.37	m/s
t	0.35	s
x	0.13	m

Los valores de y, t y x son obtenidos mediante las ecuaciones (5-29) a (5-31). Se decide adoptar un valor de X = 0.50 m.

Se calcula el caudal máximo que ingresa a la cámara de recolección en época de máxima crecida con la ecuación (5-32), teniendo como resultados:

L	0.30	m
b	0.30	m
Ho	10.93	m
C	0.44	
K	0.20	
Qmax	0.01	m^3/s
Qmax	**19.30**	**l/s**

El volumen de la cámara V se calcula con la ecuación (5-33), obteniendo 0.154 m^3.

Geométricamente el volumen es igual a la ecuación (5-34).

H	0.60	m
a	0.50	m
b	0.44	m

Se calcula también el caudal de excesos que ingresa a la cámara de recolección por medio de la ecuación (5-35), teniendo como respuesta 17.30 l/s.

La carga sobre el vertedero de excesos, se despeja de la ecuación (5-36) en base al caudal excedente (Qexc), obteniendo la ecuación (5-37).

Qexc	0.011	m^3/s
L	0.40	m
Hc	0.06	m
Hc	6.10	cm

Es necesario definir las dimensiones del vertedero triangular capaz de dejar pasar el caudal de diseño a la cámara de salida, empleando la ecuación (5-38).

Q	0.002	m^3/s
h	0.073	m
h	7.277	cm

H	14.55	cm	$H = 2 \times h$	(5-39)
a	14.55	cm	$a = H$	(5-40)
L	29.11	cm	$L = 2 \times a$	(5-41)

La cámara de salida determina la velocidad de entrada usando las ecuaciones (5-42) y (5-43).

a	0.15	m
b	0.07	m
A	0.0053	m^2
V	0.3777	m/s

Se asume una altura de la cámara de 0.60 m. Aplicando la ecuación (5-30) se obtiene t = 0.35 s y por medio de la ecuación (5-31) se tiene un valor de X de 0.13 m, por lo tanto, se asume X = 0.30 m.

Finalmente, el agua que sale de la cámara de salida será conducida al desarenador por un pequeño canal con base de 0.15 m.

B	0.51	m
H	0.60	m
b	0.51	m

La longitud de transición se obtiene mediante la ecuación (5-44) y debido a las pequeñas dimensiones del elemento se tiene como resultado 0.01, es decir, no existe transición.

5.4. Desarenador

DATOS DE ENTRADA		
Caudal de diseño Qd	2.00	l/s
Diámetro de partículas a remover ⌀	0.10	mm
Densidad relativa de partículas γ_s	2.65	gr/cm^3
Peso específico del agua γ	1.00	gr/cm^3
Tiempo de retención (Tr)	15.00	15 - 20 minutos (norma)
Carga superficial (Cs)	60.00	60 - 120 m^3/m^2/día (norma)
Temperatura	20.00	ºC
Viscosidad cinemática μ	0.01	cm^2/s
Aceleración de la gravedad g	981.00	cm^2/s

5.4.1. Cámara del desarenador.

1. Volumen del desarenador.

$$Vd = Qd \times Tr = 1.80\ m^3 \quad (5\text{-}49)$$

2. Área superficial horizontal.

$$As = \frac{Qd}{Cs} = 2.88\ m^2 \quad (5\text{-}50)$$

3. Dimensionamiento.

L/B = se puede tomar valores de 2.25 a 5, eligiendo 2.50.

L/H = se puede tomar valores de 3 a 25, eligiendo 3.00.

B = 1.07 m, se adopta 1.10 m por construcción.

L = 2.75 m.

$$H = \frac{Vd}{As} = 0.63\ m \quad (5\text{-}51)$$

Se escoge H = 0.60 m por motivos de construcción.

4. Comprobación de dimensionamiento.

4.1. Volumen Útil

$$Vu = L \times B \times H = 1.82\ m^3 \quad (5\text{-}52)$$

4.2. Tiempo de retención

$$T_r = \frac{V_u}{Q_d} = 15.17\ min \quad (5\text{-}53)$$

5. Chequeo de velocidades.

5.1. Carga superficial (Cs).

$$Cs = \frac{Qd}{As} = 0.00066 \frac{m}{s} = 0.066\ cm/s \quad (5\text{-}54)$$

5.2. Velocidad sedimentación (Vs).

Utilizar la ecuación de STOKES para verificar el tipo de régimen.

$$Vs = \frac{g\phi^2}{18v}(\delta_s - \delta) = 0.769\ cm/s \quad (5\text{-}55)$$

Comprobación del número de Reynolds.

$$R = \frac{\psi V_s \phi}{v} = 0.493 \quad (5\text{-}56)$$

Con el número de Reynolds se comprueba que se está en régimen laminar y se aplica el procedimiento para régimen de transición.

Calcular Vs mediante un proceso iterativo, aplicando las ecuaciones (5-57) y (5-58).

$$V_s = \sqrt{\frac{4g\phi}{3C_d}(\delta s - \delta)} \quad (5\text{-}57)$$

$$C_d = \frac{24}{R} + \frac{3}{\sqrt{R}} + 0.34 \quad (5\text{-}58)$$

Cd =	75.22
Vs =	0.536 cm/s
R =	0.344

5.3. Velocidad de arrastre (Va).

$$V_a = \sqrt{\frac{8k}{f} g(\delta s - 1)\phi} = 13.14\ cm/s \quad (5\text{-}59)$$

5.4. Velocidad máxima horizontal (Vmh).

$$Vmh = \frac{V_a}{3} = 4.38\ cm/s \quad (5\text{-}60)$$

5.5. Velocidad horizontal en la cámara (Vh).

$$Vh = \frac{Qd}{At} = 0.30\ cm/s \quad (5\text{-}61)$$

6. Cálculo de capacidad del desarenador de acuerdo a porcentaje de remoción.

Se ha considerado la condición de comportamiento pobre debido al relativo control y mantenimiento que tendrá la obra debido a su accesibilidad y lejanía, se ha adoptado un 75% de eficiencia, para lo cual se tiene n = ½.

$$\frac{t}{to} = 2 \qquad (5\text{-}62)$$

$$to = \frac{H}{V_s} = 111.94\ s \qquad (5\text{-}63)$$

Dimensiones Finales		
Longitud	2.75	m
Ancho	1.10	m
Altura	0.60	m

5.4.2. Estructura de entrada.

DATOS	
Velocidad horizontal en orificios, Vo	0.22 m/s
Diámetro de orificios	22 mm
Tubería PVC. E/C	25 mm, 2.00 MPa

1. Área transversal total de orificios (A_{to}).

$$A_{to} = \frac{Qd}{Vo} = 0.01\ m^2 = 100\ cm^2 \qquad (5\text{-}64)$$

2. Área transversal de los orificios, A_o = 0.00038 m^2.

3. Número de orificios (N_{orif}).

$$N_{orif} = \frac{A_{to}}{A_o} = 26.31\ \approx 32\ u \qquad (5\text{-}65)$$

4. Comprobación de velocidades en orificios.

$$q_o = \frac{Qd}{N_{orif}} = 0.0000625\ m^3/s \qquad (5\text{-}66)$$

$$V_{orif} = \frac{q_o}{A_o} = 0.16\ m/s \qquad (5\text{-}67)$$

La velocidad cumple correctamente debido a que es menor que 0.20 m/s.

5. Ubicación de los orificios en la pantalla.

Debido a que no se hará una remoción mecánica de los lodos, los orificios se los ubicará de la siguiente manera:

Orificios más altos = h/6 = 0.10 m. Mínimo desde la superficie del agua de 5 a 6.

Orificios más bajos = h/4 = 0.15 m. Mínimo por encima del fondo de 4 a 5.

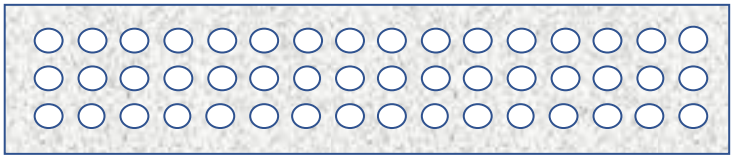


Figura 5.11. Imagen de la ubicación de los 32 orificios de 22.00 mm de diámetro en la pantalla.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.4.3. Estructura de salida.

1. Carga de agua sobre el vertedero frontal.

$$H = \left(\frac{Qd}{1.838 \times L}\right)^{2/3} = 0.99\ cm \tag{5-68}$$

2. Carga sobre la tubería de salida.

$$Hs = \frac{Qd^2}{C^2 \times Ats^2 \times 2 \times g} = 4.92\ cm \approx 5.00\ cm \tag{5-69}$$

5.4.4. Zona de lodos.

Volumen de lodos = 20 % del volumen de sedimentación.

Volumen de sedimentación = 1.82 m^3.

Volumen de lodos = 0.36 m^3.

Volumen real de lodos = 0.38 m^3.

Volumen del tanque = 2.20 m^3.

Porcentaje real 21.10 %.

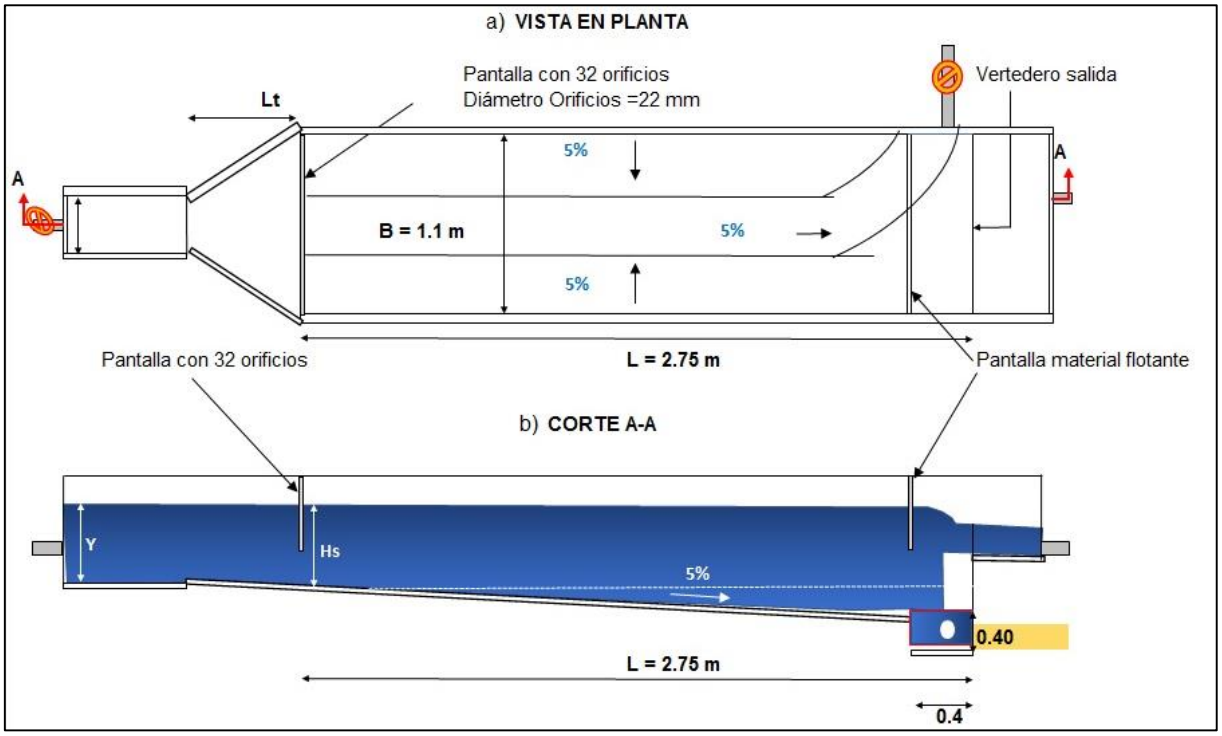


Figura 5.12. Esquema del desarenador, a) vista en planta y b) corte A-A.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.4.5. Tubería de desagüe y desborde.

El tiempo de vaciado del desarenador está dado por la ecuación (5-70).

$$t = \frac{2S\sqrt{h}}{uA\sqrt{2g}} = 380.59\ s = 6.34\ min \quad (5\text{-}70)$$

$$u = \frac{1}{\sqrt{0.0431 \times \frac{L}{D} + 1.62}} = 0.67 \quad (5\text{-}71)$$

5.4.6. Refuerzo del desarenador.

DATOS		
Hw	0.60	m
e_w	0.10	m
Ø	10.00	mm
f´c	210.00	Kg/cm²

1. Cálculo de la fuerza de empuje.

E = 600.00 Kg/m^2.

Altura al centro de gravedad.

hc = 0.20 m.

2. Empuje hidrostático.

E = 300.00 Kg/m

3. Momento flexionante.

M = 60.00 Kg·m/ml.

4. Momento último

Mu = 102.00 Kg·m/ml.

5. Cálculo del acero necesario para la pared (para 1 ml)

Acero necesario por flexión, As = 0.50 cm^2.

Acero mínimo por temperatura, As = 1.80 cm^2

Acero mínimo por flexión, As = 1.83 cm^2.

Acero adoptado, **As = 1.83 cm^2**

Separación, s = 25.00 cm.

Armado, **1 Ø 10 @ 25 cm.**

5.5. Conducción

5.5.1. Alternativa 1.

5.5.1.1. Cálculo manual de la red hidráulica.

Tabla 5.2. Cálculo de la red hidráulica de la alternativa 1.

TRAMO	NUDO		TRP	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		l/s	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
0		A_1		0.000	63	57	1.25	2.00	0.78		0.000	0.000	2485.400	2485.400	0.000	0.000	342.427	27.358	27.358
1	A_1	A_2		1.910	63	57	1.25	2.00	0.78	0.000	0.023	0.023	2484.400	2485.377	1.000	0.977	342.427	27.358	28.336
2	A_2	A_3		1.938	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.026	0.049	2483.400	2485.351	2.000	1.951	342.427	27.358	29.310
3	A_3	A_4		1.411	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.020	0.069	2482.400	2485.331	3.000	2.931	342.427	27.358	30.290
4	A_4	A_5		1.390	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.029	0.097	2481.400	2485.303	4.000	3.903	342.427	27.358	31.261
5	A_5	A_6		1.826	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	0.122	2480.400	2485.278	5.000	4.878	342.427	27.358	32.236
6	A_6	A_7		2.175	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	0.151	2479.400	2485.249	6.000	5.849	342.427	27.358	33.207
7	A_7	A_8		2.450	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	0.183	2478.400	2485.217	7.000	6.817	342.427	27.358	34.175
8	A_8	A_9		2.042	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	0.211	2477.400	2485.189	8.000	7.789	342.427	27.358	35.148
9	A_9	A_10		3.104	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.040	0.250	2476.400	2485.150	9.000	8.750	342.427	27.358	36.108
10	A_10	A_11		2.518	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	0.283	2475.400	2485.117	10.000	9.717	342.427	27.358	37.075
11	A_11	A_12		2.706	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.035	0.318	2474.400	2485.082	11.000	10.682	342.427	27.358	38.040
12	A_12	A_13		4.258	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	0.372	2473.400	2485.028	12.000	11.628	342.427	27.358	38.986
13	A_13	A_14		3.695	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.047	0.419	2472.400	2484.981	13.000	12.581	342.427	27.358	39.939
14	A_14	A_15		3.675	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.047	0.466	2471.400	2484.934	14.000	13.534	342.427	27.358	40.893
15	A_15	A_16		2.756	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	0.501	2470.400	2484.899	15.000	14.499	342.427	27.358	41.857
16	A_16	A_17		1.540	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.021	0.523	2469.400	2484.877	16.000	15.477	342.427	27.358	42.836
17	A_17	A_18		1.597	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	0.545	2468.400	2484.855	17.000	16.455	342.427	27.358	43.814
18	A_18	A_19		1.635	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	0.567	2467.400	2484.833	18.000	17.433	342.427	27.358	44.791
19	A_19	A_20		1.765	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	0.591	2466.400	2484.809	19.000	18.409	342.427	27.358	45.767
20	A_20	A_21		2.958	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.038	0.629	2465.400	2484.771	20.000	19.371	342.427	27.358	46.729
21	A_21	A_22		3.961	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.059	0.689	2464.400	2484.711	21.000	20.311	342.427	27.358	47.670
22	A_22	A_23		2.606	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.034	0.723	2463.400	2484.677	22.000	21.277	342.427	27.358	48.636
23	A_23	A_24		2.237	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	0.752	2462.400	2484.648	23.000	22.248	342.427	27.358	49.606
24	A_24	A_25		0.321	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.007	0.759	2462.400	2484.641	23.000	22.241	342.427	27.358	49.599
25	A_25	A_26		1.672	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.032	0.792	2461.400	2484.608	24.000	23.208	342.427	27.358	50.567
26	A_26	A_27		1.772	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	0.816	2460.400	2484.584	25.000	24.184	342.427	27.358	51.543
27	A_27	A_28		2.162	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	0.844	2459.400	2484.556	26.000	25.156	342.427	27.358	52.514
28	A_28	A_29		3.985	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.050	0.895	2458.400	2484.505	27.000	26.105	342.427	27.358	53.464
29	A_29	A_30		1.471	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.021	0.915	2458.400	2484.485	27.000	26.085	342.427	27.358	53.443
30	A_30	A_31		2.476	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	0.948	2457.400	2484.452	28.000	27.052	342.427	27.358	54.411
31	A_31	A_32		1.199	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.017	0.965	2456.400	2484.435	29.000	28.035	342.427	27.358	55.393
32	A_32	A_33		1.343	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.019	0.984	2455.400	2484.416	30.000	29.016	342.427	27.358	56.374
33	A_33	A_34		1.120	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	1.000	2454.400	2484.400	31.000	30.000	342.427	27.358	57.358
34	A_34	A_35		2.018	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	1.027	2453.400	2484.373	32.000	30.973	342.427	27.358	58.331
35	A_35	A_36		0.314	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.007	1.034	2453.400	2484.366	32.000	30.966	342.427	27.358	58.324
36	A_36	A_37		5.006	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.072	1.106	2452.400	2484.294	33.000	31.894	342.427	27.358	59.252
37	A_37	A_38		2.437	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	1.138	2451.400	2484.262	34.000	32.862	342.427	27.358	60.220
38	A_38	A_39		5.868	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.073	1.211	2450.400	2484.189	35.000	33.789	342.427	27.358	61.148
39	A_39	A_40		1.563	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	1.232	2449.400	2484.168	36.000	34.768	342.427	27.358	62.126
40	A_40	A_41		2.016	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	1.259	2448.400	2484.141	37.000	35.741	342.427	27.358	63.099
41	A_41	A_42		1.643	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	1.282	2447.400	2484.118	38.000	36.718	342.427	27.358	64.077
42	A_42	A_43		1.277	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.018	1.300	2446.400	2484.100	39.000	37.700	342.427	27.358	65.058
43	A_43	A_44		1.165	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.017	1.317	2445.400	2484.083	40.000	38.683	342.427	27.358	66.041
44	A_44	A_45		1.513	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.021	1.338	2444.400	2484.062	41.000	39.662	342.427	27.358	67.020
45	A_45	A_46		1.111	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	1.354	2443.400	2484.046	42.000	40.646	342.427	27.358	68.004
46	A_46	A_47		1.109	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	1.371	2442.400	2484.029	43.000	41.629	342.427	27.358	68.988
47	A_47	A_48		1.100	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	1.387	2441.400	2484.013	44.000	42.613	342.427	27.358	69.972
48	A_48	A_49		1.093	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	1.403	2440.400	2483.997	45.000	43.597	342.427	27.358	70.956
49	A_49	A_50		3.497	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	1.447	2440.400	2483.953	45.000	43.553	342.427	27.358	70.911
50	A_50	A_51		2.498	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	1.480	2439.400	2483.920	46.000	44.520	342.427	27.358	71.878
51	A_51	A_52		2.567	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.034	1.513	2438.400	2483.887	47.000	45.487	342.427	27.358	72.845
52	A_52	A_53		1.907	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.035	1.549	2437.400	2483.851	48.000	46.451	342.427	27.358	73.810
53	A_53	A_54		2.108	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.028	1.577	2436.400	2483.823	49.000	47.423	342.427	27.358	74.782
54	A_54	A_55		2.264	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	1.607	2435.400	2483.793	50.000	48.393	342.427	27.358	75.752
55	A_55	A_56		2.271	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	1.637	2434.400	2483.763	51.000	49.363	342.427	27.358	76.722
56	A_56	A_57	0	2.233	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	1.666	2433.400	2483.734	52.000	50.334	342.427	27.358	77.692
57	A_57	A_58		2.259	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	0.030	2432.400	2433.370	1.000	0.970	342.427	27.358	28.328
58	A_58	A_59		2.181	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	0.059	2431.400	2433.341	2.000	1.941	342.427	27.358	29.299
59	A_59	A_60		3.697	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.047	0.106	2430.400	2433.294	3.000	2.894	342.427	27.358	30.253
60	A_60	A_61		4.563	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.067	0.172	2429.400	2433.228	4.000	3.828	342.427	27.358	31.186
61	A_61	A_62		2.170	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	0.201	2428.400	2433.199	5.000	4.799	342.427	27.358	32.157

Continúa Tabla 5.2 …

… Continuación Tabla 5.2

TRAMO	NUDO		TRP	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		l/s	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
62	A_62	A_63		1.445	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.020	0.221	2427.400	2433.179	6.000	5.779	342.427	27.358	33.137
63	A_63	A_64		3.976	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.060	0.281	2426.400	2433.119	7.000	6.719	342.427	27.358	34.077
64	A_64	A_65		3.480	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.044	0.325	2425.400	2433.075	8.000	7.675	342.427	27.358	35.033
65	A_65	A_66		4.073	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.051	0.377	2424.400	2433.023	9.000	8.623	342.427	27.358	35.982
66	A_66	A_67		3.443	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.044	0.420	2423.400	2432.980	10.000	9.580	342.427	27.358	36.938
67	A_67	A_68		3.968	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.050	0.471	2422.400	2432.929	11.000	10.529	342.427	27.358	37.888
68	A_68	A_69		3.977	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.050	0.521	2421.400	2432.879	12.000	11.479	342.427	27.358	38.838
69	A_69	A_70		4.030	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.051	0.572	2420.400	2432.828	13.000	12.428	342.427	27.358	39.787
70	A_70	A_71		3.119	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.040	0.612	2419.400	2432.788	14.000	13.388	342.427	27.358	40.747
71	A_71	A_72		2.778	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	0.648	2418.400	2432.752	15.000	14.352	342.427	27.358	41.711
72	A_72	A_73		2.375	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	0.679	2417.400	2432.721	16.000	15.321	342.427	27.358	42.679
73	A_73	A_74		1.822	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	0.704	2416.400	2432.696	17.000	16.296	342.427	27.358	43.655
74	A_74	A_75		2.879	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	0.741	2415.400	2432.659	18.000	17.259	342.427	27.358	44.618
75	A_75	A_76		1.613	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	0.763	2414.400	2432.637	19.000	18.237	342.427	27.358	45.595
76	A_76	A_77		1.477	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.021	0.784	2413.400	2432.616	20.000	19.216	342.427	27.358	46.575
77	A_77	A_78		1.600	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	0.806	2412.400	2432.594	21.000	20.194	342.427	27.358	47.553
78	A_78	A_79		2.509	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	0.838	2412.400	2432.562	21.000	20.162	342.427	27.358	47.520
79	A_79	A_80		1.828	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	0.863	2411.400	2432.537	22.000	21.137	342.427	27.358	48.495
80	A_80	A_81		1.752	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	0.887	2410.400	2432.513	23.000	22.113	342.427	27.358	49.471
81	A_81	A_82		2.094	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.028	0.915	2409.400	2432.485	24.000	23.085	342.427	27.358	50.443
82	A_82	A_83		5.539	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.078	0.993	2408.400	2432.407	25.000	24.007	342.427	27.358	51.365
83	A_83	A_84		3.398	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.043	1.036	2407.400	2432.364	26.000	24.964	342.427	27.358	52.322
84	A_84	A_85		3.891	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.049	1.086	2406.400	2432.314	27.000	25.914	342.427	27.358	53.273
85	A_85	A_86		4.179	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	1.138	2405.400	2432.262	28.000	26.862	342.427	27.358	54.220
86	A_86	A_87		4.256	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	1.192	2404.400	2432.208	29.000	27.808	342.427	27.358	55.167
87	A_87	A_88		4.295	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	1.246	2403.400	2432.154	30.000	28.754	342.427	27.358	56.113
88	A_88	A_89		4.428	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.056	1.301	2402.400	2432.099	31.000	29.699	342.427	27.358	57.057
89	A_89	A_90		2.721	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.035	1.337	2401.400	2432.063	32.000	30.663	342.427	27.358	58.022
90	A_90	A_91		1.244	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.018	1.354	2400.400	2432.046	33.000	31.646	342.427	27.358	59.004
91	A_91	A_92		1.409	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.020	1.374	2399.400	2432.026	34.000	32.626	342.427	27.358	59.984
92	A_92	A_93		1.694	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	1.397	2398.400	2432.003	35.000	33.603	342.427	27.358	60.961
93	A_93	A_94		3.556	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	1.443	2397.400	2431.957	36.000	34.557	342.427	27.358	61.916
94	A_94	A_95		6.419	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.082	1.524	2396.400	2431.876	37.000	35.476	342.427	27.358	62.834
95	A_95	A_96		2.379	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	1.556	2395.400	2431.844	38.000	36.444	342.427	27.358	63.803
96	A_96	A_97		2.778	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	1.592	2394.400	2431.808	39.000	37.408	342.427	27.358	64.767
97	A_97	A_98		1.684	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	1.615	2393.400	2431.785	40.000	38.385	342.427	27.358	65.744
98	A_98	A_99		6.327	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.081	1.695	2392.400	2431.705	41.000	39.305	342.427	27.358	66.663
99	A_99	A_100		4.949	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.062	1.757	2391.400	2431.643	42.000	40.243	342.427	27.358	67.601
100	A_100	A_101		4.191	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	1.810	2390.400	2431.590	43.000	41.190	342.427	27.358	68.549
101	A_101	A_102		3.985	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.050	1.860	2389.400	2431.540	44.000	42.140	342.427	27.358	69.498
102	A_102	A_103		4.019	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.051	1.911	2388.400	2431.489	45.000	43.089	342.427	27.358	70.448
103	A_103	A_104		4.010	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.051	1.961	2387.400	2431.439	46.000	44.039	342.427	27.358	71.397
104	A_104	A_105		4.376	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.055	2.016	2386.400	2431.384	47.000	44.984	342.427	27.358	72.342
105	A_105	A_106		9.169	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.114	2.130	2385.400	2431.270	48.000	45.870	342.427	27.358	73.228
106	A_106	A_107		1.088	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	2.146	2385.400	2431.254	48.000	45.854	342.427	27.358	73.212
107	A_107	A_108		2.445	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	2.178	2385.400	2431.222	48.000	45.822	342.427	27.358	73.180
108	A_108	A_109		1.884	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	2.204	2384.400	2431.196	49.000	46.796	342.427	27.358	74.155
109	A_109	A_110		1.848	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	2.229	2383.400	2431.171	50.000	47.771	342.427	27.358	75.130
110	A_110	A_111		2.498	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	2.261	2382.400	2431.139	51.000	48.739	342.427	27.358	76.097
111	A_111	A_112		2.814	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	2.298	2381.400	2431.102	52.000	49.702	342.427	27.358	77.060
112	A_112	A_113	0	6.264	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.080	2.378	2380.400	2431.022	53.000	50.622	342.427	27.358	77.981
113	A_113	A_114		5.909	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.073	0.073	2379.400	2380.327	1.000	0.927	342.427	27.358	28.285
114	A_114	A_115		5.637	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.070	0.143	2378.400	2380.257	2.000	1.857	342.427	27.358	29.215
115	A_115	A_116		5.556	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.069	0.212	2377.400	2380.188	3.000	2.788	342.427	27.358	30.146
116	A_116	A_117		5.515	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	0.280	2376.400	2380.120	4.000	3.720	342.427	27.358	31.078
117	A_117	A_118		5.396	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.347	2375.400	2380.053	5.000	4.653	342.427	27.358	32.011
118	A_118	A_119		5.408	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.414	2374.400	2379.986	6.000	5.586	342.427	27.358	32.944
119	A_119	A_120		5.394	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.481	2373.400	2379.919	7.000	6.519	342.427	27.358	33.877
120	A_120	A_121		5.413	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.549	2372.400	2379.851	8.000	7.451	342.427	27.358	34.810
121	A_121	A_122		5.478	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	0.616	2371.400	2379.784	9.000	8.384	342.427	27.358	35.742
122	A_122	A_123		5.393	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.683	2370.400	2379.717	10.000	9.317	342.427	27.358	36.675
123	A_123	A_124		5.443	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	0.751	2370.400	2379.649	10.000	9.249	342.427	27.358	36.607
124	A_124	A_125		13.001	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.162	0.913	2370.400	2379.487	10.000	9.087	342.427	27.358	36.445
125	A_125	A_126		15.288	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.189	1.102	2369.400	2379.298	11.000	9.898	342.427	27.358	37.256
126	A_126	A_127		2.115	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.028	1.130	2368.400	2379.270	12.000	10.870	342.427	27.358	38.228
127	A_127	A_128		2.763	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	1.166	2367.400	2379.234	13.000	11.834	342.427	27.358	39.192
128	A_128	A_129		2.607	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.034	1.200	2366.400	2379.200	14.000	12.800	342.427	27.358	40.158
129	A_129	A_130		2.354	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	1.231	2365.400	2379.169	15.000	13.769	342.427	27.358	41.127
130	A_130	A_131		2.379	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	1.262	2364.400	2379.138	16.000	14.738	342.427	27.358	42.096

Continúa Tabla 5.2 …

… Continuación Tabla 5.2

TRAMO	NUDO		TRP	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		l/s	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
131	A_131	A_132		2.506	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	1.295	2363.400	2379.105	17.000	15.705	342.427	27.358	43.063
132	A_132	A_133		4.293	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	1.349	2362.400	2379.051	18.000	16.651	342.427	27.358	44.009
133	A_133	A_134		5.839	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.072	1.421	2361.400	2378.979	19.000	17.579	342.427	27.358	44.937
134	A_134	A_135		11.054	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.136	1.558	2360.400	2378.842	20.000	18.442	342.427	27.358	45.800
135	A_135	A_136		14.211	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.176	1.734	2359.400	2378.666	21.000	19.266	342.427	27.358	46.624
136	A_136	A_137		3.535	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	1.779	2359.400	2378.621	21.000	19.221	342.427	27.358	46.579
137	A_137	A_138		2.426	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	1.811	2360.400	2378.589	20.000	18.189	342.427	27.358	45.547
138	A_138	A_139		15.441	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.191	2.002	2360.400	2378.398	20.000	17.998	342.427	27.358	45.356
139	A_139	A_140		2.396	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	2.033	2359.400	2378.367	21.000	18.967	342.427	27.358	46.325
140	A_140	A_141		2.288	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	2.064	2358.400	2378.336	22.000	19.936	342.427	27.358	47.295
141	A_141	A_142		1.581	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	2.085	2357.400	2378.315	23.000	20.915	342.427	27.358	48.273
142	A_142	A_143		1.647	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	2.108	2356.400	2378.292	24.000	21.892	342.427	27.358	49.250
143	A_143	A_144		3.234	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.041	2.149	2355.400	2378.251	25.000	22.851	342.427	27.358	50.209
144	A_144	A_145		6.847	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.087	2.236	2354.400	2378.164	26.000	23.764	342.427	27.358	51.122
145	A_145	A_146		5.479	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	2.304	2353.400	2378.096	27.000	24.696	342.427	27.358	52.054
146	A_146	A_147		4.715	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.059	2.363	2352.400	2378.037	28.000	25.637	342.427	27.358	52.995
147	A_147	A_148		5.124	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.064	2.427	2351.400	2377.973	29.000	26.573	342.427	27.358	53.931
148	A_148	A_149		5.075	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.063	2.490	2350.400	2377.910	30.000	27.510	342.427	27.358	54.868
149	A_149	A_150		5.421	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	2.557	2349.400	2377.843	31.000	28.443	342.427	27.358	55.801
150	A_150	A_151		13.852	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.172	2.729	2348.400	2377.671	32.000	29.271	342.427	27.358	56.629
151	A_151	A_152		4.457	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.056	2.785	2347.400	2377.615	33.000	30.215	342.427	27.358	57.573
152	A_152	A_153		7.230	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.091	2.876	2346.400	2377.524	34.000	31.124	342.427	27.358	58.482
153	A_153	A_154		5.709	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.071	2.947	2345.400	2377.453	35.000	32.053	342.427	27.358	59.411
154	A_154	A_155		5.677	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.070	3.018	2344.400	2377.382	36.000	32.982	342.427	27.358	60.341
155	A_155	A_156		4.875	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.061	3.078	2343.400	2377.322	37.000	33.922	342.427	27.358	61.280
156	A_156	A_157		5.079	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.063	3.142	2342.400	2377.258	38.000	34.858	342.427	27.358	62.217
157	A_157	A_158		4.660	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.058	3.200	2341.400	2377.200	39.000	35.800	342.427	27.358	63.158
158	A_158	A_159		7.864	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.099	3.299	2340.400	2377.101	40.000	36.701	342.427	27.358	64.060
159	A_159	A_160		6.316	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.080	3.379	2339.400	2377.021	41.000	37.621	342.427	27.358	64.979
160	A_160	A_161		2.365	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	3.410	2339.400	2376.990	41.000	37.590	342.427	27.358	64.948
161	A_161	A_162		3.065	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.039	3.450	2339.400	2376.950	41.000	37.550	342.427	27.358	64.909
162	A_162	A_163		7.286	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.092	3.541	2338.400	2376.859	42.000	38.459	342.427	27.358	65.817
163	A_163	A_164		6.737	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.085	3.627	2337.400	2376.773	43.000	39.373	342.427	27.358	66.732
164	A_164	A_165		8.519	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.106	3.733	2336.400	2376.667	44.000	40.267	342.427	27.358	67.625
165	A_165	A_166		8.471	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.106	3.839	2335.400	2376.561	45.000	41.161	342.427	27.358	68.519
166	A_166	A_167		5.952	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.074	3.913	2334.400	2376.487	46.000	42.087	342.427	27.358	69.446
167	A_167	A_168		3.443	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.044	3.957	2334.400	2376.443	46.000	42.043	342.427	27.358	69.402
168	A_168	A_169		3.678	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.047	4.003	2334.400	2376.397	46.000	41.997	342.427	27.358	69.355
169	A_169	A_170		4.181	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	4.056	2333.400	2376.344	47.000	42.944	342.427	27.358	70.302
170	A_170	A_171		0.547	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.010	4.065	2333.400	2376.335	47.000	42.935	342.427	27.358	70.293
171	A_171	A_172		6.328	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.081	4.146	2333.400	2376.254	47.000	42.854	342.427	27.358	70.212
172	A_172	A_173		4.694	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.059	4.205	2332.400	2376.195	48.000	43.795	342.427	27.358	71.154
173	A_173	A_174		7.462	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.094	4.299	2332.400	2376.101	48.000	43.701	342.427	27.358	71.060
174	A_174	A_175		8.367	63	57	1.25	2.00	0.78	1.270	0.114	4.413	2331.400	2375.987	49.000	44.587	342.427	27.358	71.946
175	A_175	A_176		7.638	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.096	4.509	2331.400	2375.891	49.000	44.491	342.427	27.358	71.850
176	A_176	A_177		12.909	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.161	4.670	2330.400	2375.730	50.000	45.330	342.427	27.358	72.689
177	A_177	A_178		15.287	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.189	4.859	2336.865	2375.541	43.535	38.676	342.427	27.358	66.035
178	A_178	A_179		9.757	63	57	1.25	2.00	0.78	4.180	0.165	5.024	2336.865	2375.376	43.535	38.511	342.427	27.358	65.870
179	A_179	A_180		1.124	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	5.040	2335.750	2375.360	44.650	39.610	342.427	27.358	66.968
180	A_180	A_181		7.629	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.096	5.136	2329.400	2375.264	51.000	45.864	342.427	27.358	73.222
181	A_181	A_182		1.302	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.019	5.155	2328.400	2375.245	52.000	46.845	342.427	27.358	74.204
182	A_182	A_183		1.447	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.020	5.175	2327.400	2375.225	53.000	47.825	342.427	27.358	75.183
183	A_183	A_184		1.583	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	5.197	2326.400	2375.203	54.000	48.803	342.427	27.358	76.162
184	A_184	A_185		1.766	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	5.221	2325.400	2375.179	55.000	49.779	342.427	27.358	77.138
185	A_185	A_186		1.957	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.026	5.247	2324.400	2375.153	56.000	50.753	342.427	27.358	78.111
186	A_186	A_187		2.157	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	5.276	2323.400	2375.124	57.000	51.724	342.427	27.358	79.083
187	A_187	A_188		1.985	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	5.302	2322.400	2375.098	58.000	52.698	342.427	27.358	80.056
188	A_188	A_189		1.937	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.026	5.328	2321.400	2375.072	59.000	53.672	342.427	27.358	81.030
189	A_189	A_190		7.437	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.094	5.422	2320.400	2374.978	60.000	54.578	342.427	27.358	81.936
190	A_190	A_191		4.138	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.052	5.474	2320.400	2374.926	60.000	54.526	342.427	27.358	81.884
191	A_191	A_192		6.102	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.078	5.552	2320.400	2374.848	60.000	54.448	342.427	27.358	81.806
192	A_192	A_193		1.781	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	5.576	2319.400	2374.824	61.000	55.424	342.427	27.358	82.782
193	A_193	A_194		5.295	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.066	5.642	2318.400	2374.758	62.000	56.358	342.427	27.358	83.716
194	A_194	A_195		4.144	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.052	5.694	2317.400	2374.706	63.000	57.306	342.427	27.358	84.664
195	A_195	A_196		4.945	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.062	5.756	2316.400	2374.644	64.000	58.244	342.427	27.358	85.602
196	A_196	A_197		8.799	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.110	5.866	2316.400	2374.534	64.000	58.134	342.427	27.358	85.493
197	A_197	A_198		6.825	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.086	5.952	2316.400	2374.448	64.000	58.048	342.427	27.358	85.406
198	A_198	A_199		1.181	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.017	5.969	2315.400	2374.431	65.000	59.031	342.427	27.358	86.389
199	A_199	A_200		32.364	63	57	1.25	2.00	0.78	1.323	0.399	6.368	2314.400	2374.032	66.000	59.632	342.427	27.358	86.990

Continúa Tabla 5.2 …

… Continuación Tabla 5.2

TRAMO	NUDO		TRP	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		l/s	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
200	A_200	A_201		0.877	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.014	6.381	2314.400	2374.019	66.000	59.619	342.427	27.358	86.977
201	A_201	A_202		2.786	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	6.418	2315.400	2373.982	65.000	58.582	342.427	27.358	85.941
202	A_202	A_203		1.624	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	6.440	2316.400	2373.960	64.000	57.560	342.427	27.358	84.918
203	A_203	A_204		1.589	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	6.462	2317.400	2373.938	63.000	56.538	342.427	27.358	83.896
204	A_204	A_205		1.663	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	6.485	2318.400	2373.915	62.000	55.515	342.427	27.358	82.874
205	A_205	A_206		1.744	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.508	2319.400	2373.892	61.000	54.492	342.427	27.358	81.850
206	A_206	A_207		1.731	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.532	2320.400	2373.868	60.000	53.468	342.427	27.358	80.826
207	A_207	A_208		1.627	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	6.554	2321.400	2373.846	59.000	52.446	342.427	27.358	79.804
208	A_208	A_209		1.684	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	6.577	2322.400	2373.823	58.000	51.423	342.427	27.358	78.781
209	A_209	A_210		1.857	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	6.603	2323.400	2373.797	57.000	50.397	342.427	27.358	77.756
210	A_210	A_211		1.725	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.626	2324.400	2373.774	56.000	49.374	342.427	27.358	76.732
211	A_211	A_212		1.789	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.650	2325.400	2373.750	55.000	48.350	342.427	27.358	75.708
212	A_212	A_213		2.432	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	6.682	2326.400	2373.718	54.000	47.318	342.427	27.358	74.676
213	A_213	A_214		2.439	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	6.714	2327.400	2373.686	53.000	46.286	342.427	27.358	73.644
214	A_214	A_215		1.824	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	6.739	2328.400	2373.661	52.000	45.261	342.427	27.358	72.619
215	A_215	A_216		1.785	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.763	2329.400	2373.637	51.000	44.237	342.427	27.358	71.595
216	A_216	A_217		1.982	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	6.790	2330.400	2373.610	50.000	43.210	342.427	27.358	70.568
217	A_217	A_218		2.014	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	6.817	2331.400	2373.583	49.000	42.183	342.427	27.358	69.541
218	A_218	A_219		2.185	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	6.846	2332.400	2373.554	48.000	41.154	342.427	27.358	68.512
219	A_219	A_220		2.143	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.028	6.874	2333.400	2373.526	47.000	40.126	342.427	27.358	67.484
220	A_220	A_221		2.839	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	6.911	2334.400	2373.489	46.000	39.089	342.427	27.358	66.447
221	A_221	A_222		3.129	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.040	6.951	2335.400	2373.449	45.000	38.049	342.427	27.358	65.407
222	A_222	A_223		3.026	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.039	6.990	2336.400	2373.410	44.000	37.010	342.427	27.358	64.368
223	A_223	A_224		3.468	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.044	7.034	2337.400	2373.366	43.000	35.966	342.427	27.358	63.324
224	A_224	A_225		4.252	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	7.088	2338.400	2373.312	42.000	34.912	342.427	27.358	62.270
225	A_225	A_226		4.904	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.061	7.149	2339.400	2373.251	41.000	33.851	342.427	27.358	61.209
226	A_226	A_227		4.950	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.071	7.220	2340.400	2373.180	40.000	32.780	342.427	27.358	60.138
227	A_227	A_228		4.292	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	7.274	2341.400	2373.126	39.000	31.726	342.427	27.358	59.084
228	A_228	A_229		4.093	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.052	7.326	2342.400	2373.074	38.000	30.674	342.427	27.358	58.033
229	A_229	A_230		4.231	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	7.379	2343.400	2373.021	37.000	29.621	342.427	27.358	56.979
230	A_230	A_231		3.335	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.043	7.421	2344.400	2372.979	36.000	28.579	342.427	27.358	55.937
231	A_231	A_232		3.507	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	7.466	2345.400	2372.934	35.000	27.534	342.427	27.358	54.892
232	A_232	A_233		4.500	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.056	7.523	2346.400	2372.877	34.000	26.477	342.427	27.358	53.836
233	A_233	A_234		3.624	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.046	7.569	2347.400	2372.831	33.000	25.431	342.427	27.358	52.790
234	A_234	A_235		3.606	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.046	7.614	2348.400	2372.786	32.000	24.386	342.427	27.358	51.744
235	A_235	A_236		3.910	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.049	7.664	2349.400	2372.736	31.000	23.336	342.427	27.358	50.695
236	A_236	A_237		2.887	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	7.701	2350.400	2372.699	30.000	22.299	342.427	27.358	49.657
237	A_237	A_238		2.904	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	7.739	2351.400	2372.661	29.000	21.261	342.427	27.358	48.620
238	A_238	A_239		3.519	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	7.783	2352.400	2372.617	28.000	20.217	342.427	27.358	47.575
239	A_239	A_240		4.410	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.065	7.848	2353.400	2372.552	27.000	19.152	342.427	27.358	46.510
240	A_240	A_241		4.685	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.059	7.907	2354.400	2372.493	26.000	18.093	342.427	27.358	45.452
241	A_241	A_242		5.544	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.069	7.975	2355.400	2372.425	25.000	17.025	342.427	27.358	44.383
242	A_242	A_243		3.870	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.049	8.024	2356.400	2372.376	24.000	15.976	342.427	27.358	43.334
243	A_243	A_244		4.790	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.060	8.084	2357.400	2372.316	23.000	14.916	342.427	27.358	42.274
244	A_244	A_245		6.256	63	57	1.25	2.00	0.78	1.270	0.089	8.173	2358.400	2372.227	22.000	13.827	342.427	27.358	41.185
245	A_245	A_246		6.042	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.077	8.250	2359.400	2372.150	21.000	12.750	342.427	27.358	40.108
246	A_246	A_247		5.540	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.069	8.319	2360.400	2372.081	20.000	11.681	342.427	27.358	39.039
247	A_247	A_248		5.452	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	8.387	2361.400	2372.013	19.000	10.613	342.427	27.358	37.972
248	A_248	A_249		5.431	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	8.454	2362.527	2371.946	17.873	9.419	342.427	27.358	36.777

Fuente: Los Autores, 2017.

Elaboración: Los Autores, 2017.

5.5.1.2. Modelación de la red hidráulica en el software EPANET.

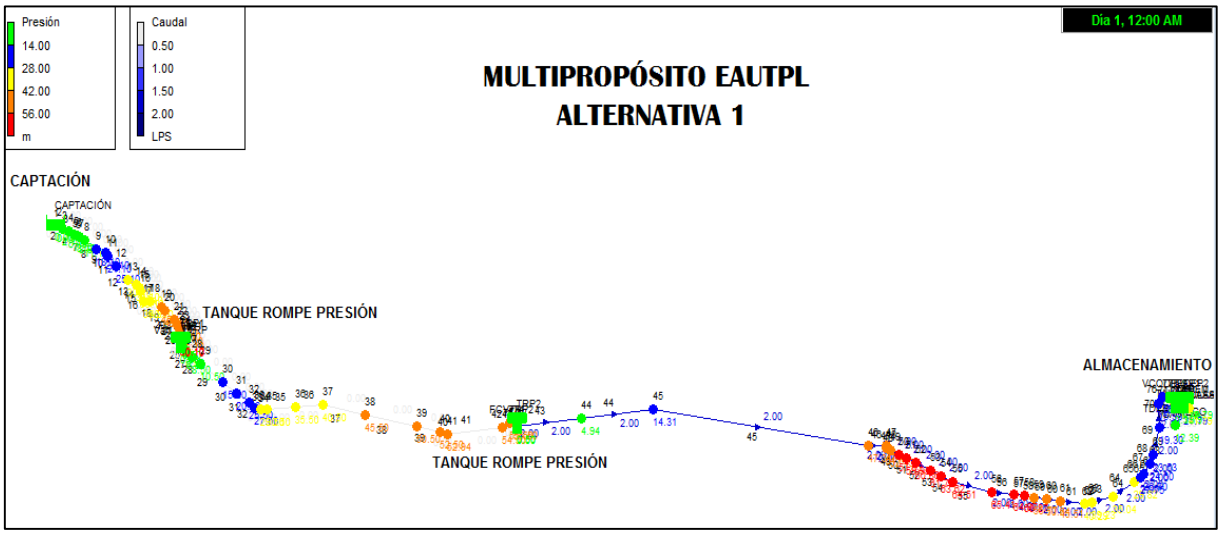


Figura 5.13. Esquema de la modelación en el software EPANET de la alternativa 1.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

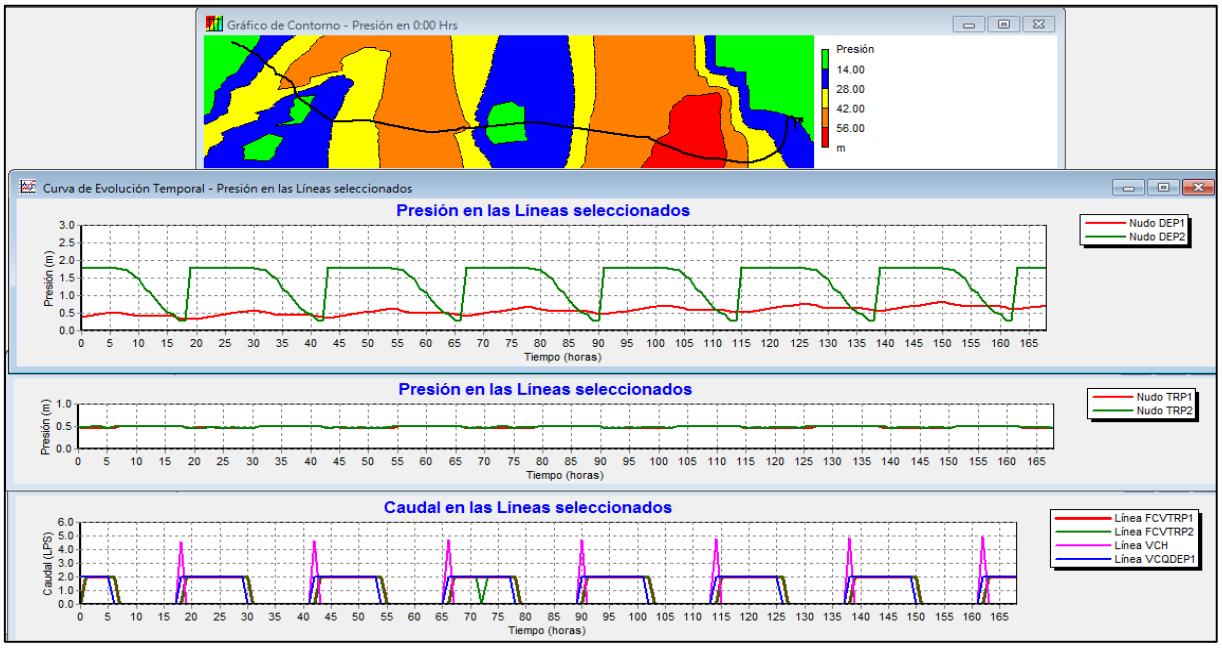


Figura 5.14. Representación gráfica de la modelación en el software EPANET de la alternativa 1.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.5.1.3. Revisión de los transitorios de la red hidráulica en el software DYAGATS.

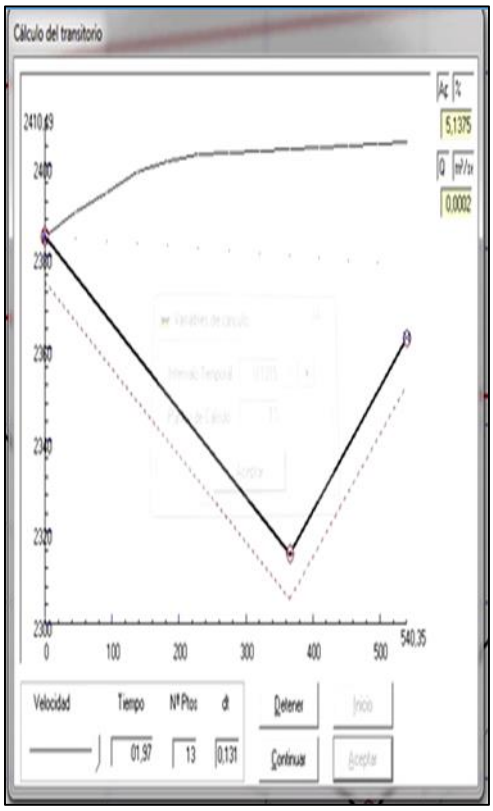


Figura 5.15. Imagen de la modelación de transitorios en el software DYAGATS de la alternativa 1.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

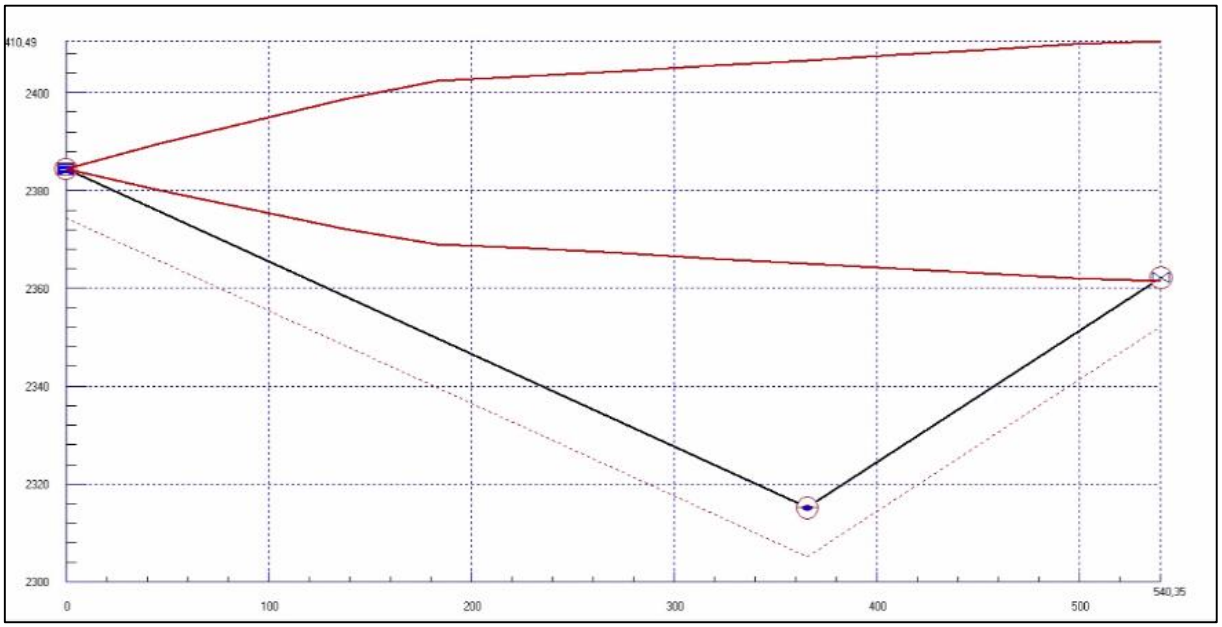


Figura 5.16. Esquema de la envolvente de los transitorios de la alternativa 1.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.5.2. Alternativa 2.

5.5.2.1. Cálculo manual de la red hidráulica.

Tabla 5.3. Cálculo de la red hidráulica de la alternativa 2.

TRAMO	NUDO		TRD	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		lps	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
0		A_1		0.000	63	57	1.25	2.00	0.78		0.000	0.000	2485.400	2485.400	0.000	0.000	342.427	27.358	27.358
1	A_1	A_2		1.910	63	57	1.25	2.00	0.78	0.000	0.023	0.023	2484.400	2485.377	1.000	0.977	342.427	27.358	28.336
2	A_2	A_3		1.938	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.026	0.049	2483.400	2485.351	2.000	1.951	342.427	27.358	29.310
3	A_3	A_4		1.411	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.020	0.069	2482.400	2485.331	3.000	2.931	342.427	27.358	30.290
4	A_4	A_5		1.390	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.029	0.097	2481.400	2485.303	4.000	3.903	342.427	27.358	31.261
5	A_5	A_6		1.826	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	0.122	2480.400	2485.278	5.000	4.878	342.427	27.358	32.236
6	A_6	A_7		2.175	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	0.151	2479.400	2485.249	6.000	5.849	342.427	27.358	33.207
7	A_7	A_8		2.450	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	0.183	2478.400	2485.217	7.000	6.817	342.427	27.358	34.175
8	A_8	A_9		2.042	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	0.211	2477.400	2485.189	8.000	7.789	342.427	27.358	35.148
9	A_9	A_10		3.104	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.040	0.250	2476.400	2485.150	9.000	8.750	342.427	27.358	36.108
10	A_10	A_11		2.518	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	0.283	2475.400	2485.117	10.000	9.717	342.427	27.358	37.075
11	A_11	A_12		2.706	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.035	0.318	2474.400	2485.082	11.000	10.682	342.427	27.358	38.040
12	A_12	A_13		4.258	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	0.372	2473.400	2485.028	12.000	11.628	342.427	27.358	38.986
13	A_13	A_14		3.695	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.047	0.419	2472.400	2484.981	13.000	12.581	342.427	27.358	39.939
14	A_14	A_15		3.675	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.047	0.466	2471.400	2484.934	14.000	13.534	342.427	27.358	40.893
15	A_15	A_16		2.756	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	0.501	2470.400	2484.899	15.000	14.499	342.427	27.358	41.857
16	A_16	A_17		1.540	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.021	0.523	2469.400	2484.877	16.000	15.477	342.427	27.358	42.836
17	A_17	A_18		1.597	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	0.545	2468.400	2484.855	17.000	16.455	342.427	27.358	43.814
18	A_18	A_19		1.635	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	0.567	2467.400	2484.833	18.000	17.433	342.427	27.358	44.791
19	A_19	A_20		1.765	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	0.591	2466.400	2484.809	19.000	18.409	342.427	27.358	45.767
20	A_20	A_21		2.958	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.038	0.629	2465.400	2484.771	20.000	19.371	342.427	27.358	46.729
21	A_21	A_22		3.961	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.059	0.689	2464.400	2484.711	21.000	20.311	342.427	27.358	47.670
22	A_22	A_23		2.606	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.034	0.723	2463.400	2484.677	22.000	21.277	342.427	27.358	48.636
23	A_23	A_24		2.237	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	0.752	2462.400	2484.648	23.000	22.248	342.427	27.358	49.606
24	A_24	A_25		0.321	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.007	0.759	2462.400	2484.641	23.000	22.241	342.427	27.358	49.599
25	A_25	A_26		1.672	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.032	0.792	2461.400	2484.608	24.000	23.208	342.427	27.358	50.567
26	A_26	A_27		1.772	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	0.816	2460.400	2484.584	25.000	24.184	342.427	27.358	51.543
27	A_27	A_28		2.162	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	0.844	2459.400	2484.556	26.000	25.156	342.427	27.358	52.514
28	A_28	A_29		3.985	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.050	0.895	2458.400	2484.505	27.000	26.105	342.427	27.358	53.464
29	A_29	A_30		1.471	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.021	0.915	2458.400	2484.485	27.000	26.085	342.427	27.358	53.443
30	A_30	A_31		2.476	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	0.948	2457.400	2484.452	28.000	27.052	342.427	27.358	54.411
31	A_31	A_32		1.199	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.017	0.965	2456.400	2484.435	29.000	28.035	342.427	27.358	55.393
32	A_32	A_33		1.343	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.019	0.984	2455.400	2484.416	30.000	29.016	342.427	27.358	56.374
33	A_33	A_34		1.120	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	1.000	2454.400	2484.400	31.000	30.000	342.427	27.358	57.358
34	A_34	A_35		2.018	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	1.027	2453.400	2484.373	32.000	30.973	342.427	27.358	58.331
35	A_35	A_36		0.314	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.007	1.034	2453.400	2484.366	32.000	30.966	342.427	27.358	58.324
36	A_36	A_37		5.006	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.072	1.106	2452.400	2484.294	33.000	31.894	342.427	27.358	59.252
37	A_37	A_38		2.437	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	1.138	2451.400	2484.262	34.000	32.862	342.427	27.358	60.220
38	A_38	A_39		5.868	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.073	1.211	2450.400	2484.189	35.000	33.789	342.427	27.358	61.148
39	A_39	A_40		1.563	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	1.232	2449.400	2484.168	36.000	34.768	342.427	27.358	62.126
40	A_40	A_41		2.016	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	1.259	2448.400	2484.141	37.000	35.741	342.427	27.358	63.099
41	A_41	A_42		1.643	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	1.282	2447.400	2484.118	38.000	36.718	342.427	27.358	64.077
42	A_42	A_43		1.277	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.018	1.300	2446.400	2484.100	39.000	37.700	342.427	27.358	65.058
43	A_43	A_44		1.165	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.017	1.317	2445.400	2484.083	40.000	38.683	342.427	27.358	66.041
44	A_44	A_45		1.513	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.021	1.338	2444.400	2484.062	41.000	39.662	342.427	27.358	67.020
45	A_45	A_46		1.111	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	1.354	2443.400	2484.046	42.000	40.646	342.427	27.358	68.004
46	A_46	A_47		1.109	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	1.371	2442.400	2484.029	43.000	41.629	342.427	27.358	68.988
47	A_47	A_48		1.100	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	1.387	2441.400	2484.013	44.000	42.613	342.427	27.358	69.972
48	A_48	A_49		1.093	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	1.403	2440.400	2483.997	45.000	43.597	342.427	27.358	70.956
49	A_49	A_50		3.497	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	1.447	2440.400	2483.953	45.000	43.553	342.427	27.358	70.911
50	A_50	A_51		2.498	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	1.480	2439.400	2483.920	46.000	44.520	342.427	27.358	71.878
51	A_51	A_52		2.567	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.034	1.513	2438.400	2483.887	47.000	45.487	342.427	27.358	72.845
52	A_52	A_53		1.907	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.035	1.549	2437.400	2483.851	48.000	46.451	342.427	27.358	73.810
53	A_53	A_54		2.108	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.028	1.577	2436.400	2483.823	49.000	47.423	342.427	27.358	74.782
54	A_54	A_55		2.264	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	1.607	2435.400	2483.793	50.000	48.393	342.427	27.358	75.752
55	A_55	A_56		2.271	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	1.637	2434.400	2483.763	51.000	49.363	342.427	27.358	76.722
56	A_56	A_57	0	2.233	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	1.666	2433.400	2483.734	52.000	50.334	342.427	27.358	77.692
57	A_57	A_58		2.259	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	0.030	2432.400	2433.370	1.000	0.970	342.427	27.358	28.328
58	A_58	A_59		2.181	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	0.059	2431.400	2433.341	2.000	1.941	342.427	27.358	29.299
59	A_59	A_60		3.697	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.047	0.106	2430.400	2433.294	3.000	2.894	342.427	27.358	30.253
60	A_60	A_61		4.563	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.067	0.172	2429.400	2433.228	4.000	3.828	342.427	27.358	31.186
61	A_61	A_62		2.170	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	0.201	2428.400	2433.199	5.000	4.799	342.427	27.358	32.157
62	A_62	A_63		1.445	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.020	0.221	2427.400	2433.179	6.000	5.779	342.427	27.358	33.137
63	A_63	A_64		3.976	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.060	0.281	2426.400	2433.119	7.000	6.719	342.427	27.358	34.077

Continúa Tabla 5.3…

… Continuación Tabla 5.3

TRAMO	NUDO		TRD	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		lps	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
64	A_64	A_65		3.480	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.044	0.325	2425.400	2433.075	8.000	7.675	342.427	27.358	35.033
65	A_65	A_66		4.073	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.051	0.377	2424.400	2433.023	9.000	8.623	342.427	27.358	35.982
66	A_66	A_67		3.443	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.044	0.420	2423.400	2432.980	10.000	9.580	342.427	27.358	36.938
67	A_67	A_68		3.968	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.050	0.471	2422.400	2432.929	11.000	10.529	342.427	27.358	37.888
68	A_68	A_69		3.977	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.050	0.521	2421.400	2432.879	12.000	11.479	342.427	27.358	38.838
69	A_69	A_70		4.030	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.051	0.572	2420.400	2432.828	13.000	12.428	342.427	27.358	39.787
70	A_70	A_71		3.119	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.040	0.612	2419.400	2432.788	14.000	13.388	342.427	27.358	40.747
71	A_71	A_72		2.778	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	0.648	2418.400	2432.752	15.000	14.352	342.427	27.358	41.711
72	A_72	A_73		2.375	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	0.679	2417.400	2432.721	16.000	15.321	342.427	27.358	42.679
73	A_73	A_74		1.822	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	0.704	2416.400	2432.696	17.000	16.296	342.427	27.358	43.655
74	A_74	A_75		2.879	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	0.741	2415.400	2432.659	18.000	17.259	342.427	27.358	44.618
75	A_75	A_76		1.613	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	0.763	2414.400	2432.637	19.000	18.237	342.427	27.358	45.595
76	A_76	A_77		1.477	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.021	0.784	2413.400	2432.616	20.000	19.216	342.427	27.358	46.575
77	A_77	A_78		1.600	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	0.806	2412.400	2432.594	21.000	20.194	342.427	27.358	47.553
78	A_78	A_79		2.509	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	0.838	2412.400	2432.562	21.000	20.162	342.427	27.358	47.520
79	A_79	A_80		1.828	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	0.863	2411.400	2432.537	22.000	21.137	342.427	27.358	48.495
80	A_80	A_81		1.752	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	0.887	2410.400	2432.513	23.000	22.113	342.427	27.358	49.471
81	A_81	A_82		2.094	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.028	0.915	2409.400	2432.485	24.000	23.085	342.427	27.358	50.443
82	A_82	A_83		5.539	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.078	0.993	2408.400	2432.407	25.000	24.007	342.427	27.358	51.365
83	A_83	A_84		3.398	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.043	1.036	2407.400	2432.364	26.000	24.964	342.427	27.358	52.322
84	A_84	A_85		3.891	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.049	1.086	2406.400	2432.314	27.000	25.914	342.427	27.358	53.273
85	A_85	A_86		4.179	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	1.138	2405.400	2432.262	28.000	26.862	342.427	27.358	54.220
86	A_86	A_87		4.256	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	1.192	2404.400	2432.208	29.000	27.808	342.427	27.358	55.167
87	A_87	A_88		4.295	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	1.246	2403.400	2432.154	30.000	28.754	342.427	27.358	56.113
88	A_88	A_89		4.428	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.056	1.301	2402.400	2432.099	31.000	29.699	342.427	27.358	57.057
89	A_89	A_90		2.721	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.035	1.337	2401.400	2432.063	32.000	30.663	342.427	27.358	58.022
90	A_90	A_91		1.244	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.018	1.354	2400.400	2432.046	33.000	31.646	342.427	27.358	59.004
91	A_91	A_92		1.409	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.020	1.374	2399.400	2432.026	34.000	32.626	342.427	27.358	59.984
92	A_92	A_93		1.694	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	1.397	2398.400	2432.003	35.000	33.603	342.427	27.358	60.961
93	A_93	A_94		3.556	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	1.443	2397.400	2431.957	36.000	34.557	342.427	27.358	61.916
94	A_94	A_95		6.419	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.082	1.524	2396.400	2431.876	37.000	35.476	342.427	27.358	62.834
95	A_95	A_96		2.379	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	1.556	2395.400	2431.844	38.000	36.444	342.427	27.358	63.803
96	A_96	A_97		2.778	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	1.592	2394.400	2431.808	39.000	37.408	342.427	27.358	64.767
97	A_97	A_98		1.684	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	1.615	2393.400	2431.785	40.000	38.385	342.427	27.358	65.744
98	A_98	A_99		6.327	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.081	1.695	2392.400	2431.705	41.000	39.305	342.427	27.358	66.663
99	A_99	A_100		4.949	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.062	1.757	2391.400	2431.643	42.000	40.243	342.427	27.358	67.601
100	A_100	A_101		4.191	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	1.810	2390.400	2431.590	43.000	41.190	342.427	27.358	68.549
101	A_101	A_102		3.985	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.050	1.860	2389.400	2431.540	44.000	42.140	342.427	27.358	69.498
102	A_102	A_103		4.019	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.051	1.911	2388.400	2431.489	45.000	43.089	342.427	27.358	70.448
103	A_103	A_104		4.010	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.051	1.961	2387.400	2431.439	46.000	44.039	342.427	27.358	71.397
104	A_104	A_105		4.376	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.055	2.016	2386.400	2431.384	47.000	44.984	342.427	27.358	72.342
105	A_105	A_106		9.169	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.114	2.130	2385.400	2431.270	48.000	45.870	342.427	27.358	73.228
106	A_106	A_107		1.088	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	2.146	2385.400	2431.254	48.000	45.854	342.427	27.358	73.212
107	A_107	A_108		2.445	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	2.178	2385.400	2431.222	48.000	45.822	342.427	27.358	73.180
108	A_108	A_109		1.884	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	2.204	2384.400	2431.196	49.000	46.796	342.427	27.358	74.155
109	A_109	A_110		1.848	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	2.229	2383.400	2431.171	50.000	47.771	342.427	27.358	75.130
110	A_110	A_111		2.498	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	2.261	2382.400	2431.139	51.000	48.739	342.427	27.358	76.097
111	A_111	A_112		2.814	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	2.298	2381.400	2431.102	52.000	49.702	342.427	27.358	77.060
112	A_112	A_113	0	6.264	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.080	2.378	2380.400	2431.022	53.000	50.622	342.427	27.358	77.981
113	A_113	A_114		5.909	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.073	0.073	2379.400	2380.327	1.000	0.927	342.427	27.358	28.285
114	A_114	A_115		5.637	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.070	0.143	2378.400	2380.257	2.000	1.857	342.427	27.358	29.215
115	A_115	A_116		5.556	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.069	0.212	2377.400	2380.188	3.000	2.788	342.427	27.358	30.146
116	A_116	A_117		5.515	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	0.280	2376.400	2380.120	4.000	3.720	342.427	27.358	31.078
117	A_117	A_118		5.396	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.347	2375.400	2380.053	5.000	4.653	342.427	27.358	32.011
118	A_118	A_119		5.408	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.414	2374.400	2379.986	6.000	5.586	342.427	27.358	32.944
119	A_119	A_120		5.394	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.481	2373.400	2379.919	7.000	6.519	342.427	27.358	33.877
120	A_120	A_121		5.413	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.549	2372.400	2379.851	8.000	7.451	342.427	27.358	34.810
121	A_121	A_122		5.478	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	0.616	2371.400	2379.784	9.000	8.384	342.427	27.358	35.742
122	A_122	A_123		5.393	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.683	2370.400	2379.717	10.000	9.317	342.427	27.358	36.675
123	A_123	A_124		5.443	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	0.751	2370.400	2379.649	10.000	9.249	342.427	27.358	36.607
124	A_124	A_125		13.001	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.162	0.913	2370.400	2379.487	10.000	9.087	342.427	27.358	36.445
125	A_125	A_126		15.288	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.189	1.102	2369.400	2379.298	11.000	9.898	342.427	27.358	37.256
126	A_126	A_127		2.115	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.028	1.130	2368.400	2379.270	12.000	10.870	342.427	27.358	38.228
127	A_127	A_128		2.763	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	1.166	2367.400	2379.234	13.000	11.834	342.427	27.358	39.192
128	A_128	A_129		2.607	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.034	1.200	2366.400	2379.200	14.000	12.800	342.427	27.358	40.158
129	A_129	A_130		2.354	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	1.231	2365.400	2379.169	15.000	13.769	342.427	27.358	41.127
130	A_130	A_131		2.379	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	1.262	2364.400	2379.138	16.000	14.738	342.427	27.358	42.096
131	A_131	A_132		2.506	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	1.295	2363.400	2379.105	17.000	15.705	342.427	27.358	43.063
132	A_132	A_133		4.293	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	1.349	2362.400	2379.051	18.000	16.651	342.427	27.358	44.009

Continúa Tabla 5.3…

… Continuación Tabla 5.3

TRAMO	NUDO		TRD	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		lps	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
133	A_133	A_134		5.839	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.072	1.421	2361.400	2378.979	19.000	17.579	342.427	27.358	44.937
134	A_134	A_135		11.054	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.136	1.558	2360.400	2378.842	20.000	18.442	342.427	27.358	45.800
135	A_135	A_136		14.211	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.176	1.734	2359.400	2378.666	21.000	19.266	342.427	27.358	46.624
136	A_136	A_137		3.535	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	1.779	2359.400	2378.621	21.000	19.221	342.427	27.358	46.579
137	A_137	A_138		2.426	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	1.811	2360.400	2378.589	20.000	18.189	342.427	27.358	45.547
138	A_138	A_139		15.441	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.191	2.002	2360.400	2378.398	20.000	17.998	342.427	27.358	45.356
139	A_139	A_140		2.396	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	2.033	2359.400	2378.367	21.000	18.967	342.427	27.358	46.325
140	A_140	A_141		2.288	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	2.064	2358.400	2378.336	22.000	19.936	342.427	27.358	47.295
141	A_141	A_142		1.581	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	2.085	2357.400	2378.315	23.000	20.915	342.427	27.358	48.273
142	A_142	A_143		1.647	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	2.108	2356.400	2378.292	24.000	21.892	342.427	27.358	49.250
143	A_143	A_144		3.234	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.041	2.149	2355.400	2378.251	25.000	22.851	342.427	27.358	50.209
144	A_144	A_145		6.847	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.087	2.236	2354.400	2378.164	26.000	23.764	342.427	27.358	51.122
145	A_145	A_146		5.479	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	2.304	2353.400	2378.096	27.000	24.696	342.427	27.358	52.054
146	A_146	A_147		4.715	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.059	2.363	2352.400	2378.037	28.000	25.637	342.427	27.358	52.995
147	A_147	A_148		5.124	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.064	2.427	2351.400	2377.973	29.000	26.573	342.427	27.358	53.931
148	A_148	A_149		5.075	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.063	2.490	2350.400	2377.910	30.000	27.510	342.427	27.358	54.868
149	A_149	A_150		5.421	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	2.557	2349.400	2377.843	31.000	28.443	342.427	27.358	55.801
150	A_150	A_151		13.852	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.172	2.729	2348.400	2377.671	32.000	29.271	342.427	27.358	56.629
151	A_151	A_152		4.457	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.056	2.785	2347.400	2377.615	33.000	30.215	342.427	27.358	57.573
152	A_152	A_153		7.230	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.091	2.876	2346.400	2377.524	34.000	31.124	342.427	27.358	58.482
153	A_153	A_154		5.709	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.071	2.947	2345.400	2377.453	35.000	32.053	342.427	27.358	59.411
154	A_154	A_155		5.677	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.070	3.018	2344.400	2377.382	36.000	32.982	342.427	27.358	60.341
155	A_155	A_156		4.875	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.061	3.078	2343.400	2377.322	37.000	33.922	342.427	27.358	61.280
156	A_156	A_157		5.079	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.063	3.142	2342.400	2377.258	38.000	34.858	342.427	27.358	62.217
157	A_157	A_158		4.660	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.058	3.200	2341.400	2377.200	39.000	35.800	342.427	27.358	63.158
158	A_158	A_159		7.864	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.099	3.299	2340.400	2377.101	40.000	36.701	342.427	27.358	64.060
159	A_159	A_160		6.316	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.080	3.379	2339.400	2377.021	41.000	37.621	342.427	27.358	64.979
160	A_160	A_161		2.365	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	3.410	2339.400	2376.990	41.000	37.590	342.427	27.358	64.948
161	A_161	A_162		3.065	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.039	3.450	2339.400	2376.950	41.000	37.550	342.427	27.358	64.909
162	A_162	A_163		7.286	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.092	3.541	2338.400	2376.859	42.000	38.459	342.427	27.358	65.817
163	A_163	A_164		6.737	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.085	3.627	2337.400	2376.773	43.000	39.373	342.427	27.358	66.732
164	A_164	A_165		8.519	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.106	3.733	2336.400	2376.667	44.000	40.267	342.427	27.358	67.625
165	A_165	A_166		8.471	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.106	3.839	2335.400	2376.561	45.000	41.161	342.427	27.358	68.519
166	A_166	A_167		5.952	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.074	3.913	2334.400	2376.487	46.000	42.087	342.427	27.358	69.446
167	A_167	A_168		3.443	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.044	3.957	2334.400	2376.443	46.000	42.043	342.427	27.358	69.402
168	A_168	A_169		3.678	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.047	4.003	2334.400	2376.397	46.000	41.997	342.427	27.358	69.355
169	A_169	A_170		4.181	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	4.056	2333.400	2376.344	47.000	42.944	342.427	27.358	70.302
170	A_170	A_171		0.547	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.010	4.065	2333.400	2376.335	47.000	42.935	342.427	27.358	70.293
171	A_171	A_172		6.328	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.081	4.146	2333.400	2376.254	47.000	42.854	342.427	27.358	70.212
172	A_172	A_173		4.694	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.059	4.205	2332.400	2376.195	48.000	43.795	342.427	27.358	71.154
173	A_173	A_174		7.462	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.094	4.299	2332.400	2376.101	48.000	43.701	342.427	27.358	71.060
174	A_174	A_175		8.367	63	57	1.25	2.00	0.78	1.270	0.114	4.413	2331.400	2375.987	49.000	44.587	342.427	27.358	71.946
175	A_175	A_176		7.638	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.096	4.509	2331.400	2375.891	49.000	44.491	342.427	27.358	71.850
176	A_176	A_177		12.909	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.161	4.670	2330.400	2375.730	50.000	45.330	342.427	27.358	72.689
177	A_177	A_178		15.287	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.189	4.859	2336.865	2375.541	43.535	38.676	342.427	27.358	66.035
178	A_178	A_179		9.757	63	57	1.25	2.00	0.78	4.180	0.165	5.024	2336.865	2375.376	43.535	38.511	342.427	27.358	65.870
179	A_179	A_180		1.124	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	5.040	2335.750	2375.360	44.650	39.610	342.427	27.358	66.968
180	A_180	A_181		7.629	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.096	5.136	2329.400	2375.264	51.000	45.864	342.427	27.358	73.222
181	A_181	A_182		1.302	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.019	5.155	2328.400	2375.245	52.000	46.845	342.427	27.358	74.204
182	A_182	A_183		1.447	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.020	5.175	2327.400	2375.225	53.000	47.825	342.427	27.358	75.183
183	A_183	A_184		1.583	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	5.197	2326.400	2375.203	54.000	48.803	342.427	27.358	76.162
184	A_184	A_185		1.766	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	5.221	2325.400	2375.179	55.000	49.779	342.427	27.358	77.138
185	A_185	A_186		1.957	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.026	5.247	2324.400	2375.153	56.000	50.753	342.427	27.358	78.111
186	A_186	A_187		2.157	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	5.276	2323.400	2375.124	57.000	51.724	342.427	27.358	79.083
187	A_187	A_188		1.985	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	5.302	2322.400	2375.098	58.000	52.698	342.427	27.358	80.056
188	A_188	A_189		1.937	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.026	5.328	2321.400	2375.072	59.000	53.672	342.427	27.358	81.030
189	A_189	A_190		7.437	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.094	5.422	2320.400	2374.978	60.000	54.578	342.427	27.358	81.936
190	A_190	A_191		4.138	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.052	5.474	2320.400	2374.926	60.000	54.526	342.427	27.358	81.884
191	A_191	A_192		6.102	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.078	5.552	2320.400	2374.848	60.000	54.448	342.427	27.358	81.806
192	A_192	A_193		1.781	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	5.576	2319.400	2374.824	61.000	55.424	342.427	27.358	82.782
193	A_193	A_194		5.295	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.066	5.642	2318.400	2374.758	62.000	56.358	342.427	27.358	83.716
194	A_194	A_195		4.144	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.052	5.694	2317.400	2374.706	63.000	57.306	342.427	27.358	84.664
195	A_195	A_196		4.945	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.062	5.756	2316.400	2374.644	64.000	58.244	342.427	27.358	85.602
196	A_196	A_197		8.799	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.110	5.866	2316.400	2374.534	64.000	58.134	342.427	27.358	85.493
197	A_197	A_198		6.825	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.086	5.952	2316.400	2374.448	64.000	58.048	342.427	27.358	85.406
198	A_198	A_199		1.181	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.017	5.969	2315.400	2374.431	65.000	59.031	342.427	27.358	86.389
199	A_199	A_200		32.364	63	57	1.25	2.00	0.78	1.323	0.399	6.368	2314.400	2374.032	66.000	59.632	342.427	27.358	86.990
200	A_200	A_201		0.877	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.014	6.381	2314.400	2374.019	66.000	59.619	342.427	27.358	86.977
201	A_201	A_202		2.786	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	6.418	2315.400	2373.982	65.000	58.582	342.427	27.358	85.941

Continúa Tabla 5.3…

… Continuación Tabla 5.3

TRAMO	NUDO		TRD	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		lps	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
202	A_202	A_203		1.624	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	6.440	2316.400	2373.960	64.000	57.560	342.427	27.358	84.918
203	A_203	A_204		1.589	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	6.462	2317.400	2373.938	63.000	56.538	342.427	27.358	83.896
204	A_204	A_205		1.663	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	6.485	2318.400	2373.915	62.000	55.515	342.427	27.358	82.874
205	A_205	A_206		1.744	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.508	2319.400	2373.892	61.000	54.492	342.427	27.358	81.850
206	A_206	A_207		1.731	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.532	2320.400	2373.868	60.000	53.468	342.427	27.358	80.826
207	A_207	A_208		1.627	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	6.554	2321.400	2373.846	59.000	52.446	342.427	27.358	79.804
208	A_208	A_209		1.684	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	6.577	2322.400	2373.823	58.000	51.423	342.427	27.358	78.781
209	A_209	A_210		1.857	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	6.603	2323.400	2373.797	57.000	50.397	342.427	27.358	77.756
210	A_210	A_211		1.725	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.626	2324.400	2373.774	56.000	49.374	342.427	27.358	76.732
211	A_211	A_212		1.789	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.650	2325.400	2373.750	55.000	48.350	342.427	27.358	75.708
212	A_212	A_213		2.432	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	6.682	2326.400	2373.718	54.000	47.318	342.427	27.358	74.676
213	A_213	A_214		2.439	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	6.714	2327.400	2373.686	53.000	46.286	342.427	27.358	73.644
214	A_214	A_215		1.824	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	6.739	2328.400	2373.661	52.000	45.261	342.427	27.358	72.619
215	A_215	A_216		1.785	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.763	2329.400	2373.637	51.000	44.237	342.427	27.358	71.595
216	A_216	A_217		1.982	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	6.790	2330.400	2373.610	50.000	43.210	342.427	27.358	70.568
217	A_217	A_218		2.014	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	6.817	2331.400	2373.583	49.000	42.183	342.427	27.358	69.541
218	A_218	A_219		2.185	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	6.846	2332.400	2373.554	48.000	41.154	342.427	27.358	68.512
219	A_219	A_220		2.143	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.028	6.874	2333.400	2373.526	47.000	40.126	342.427	27.358	67.484
220	A_220	A_221		2.839	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	6.911	2334.400	2373.489	46.000	39.089	342.427	27.358	66.447
221	A_221	A_222		3.129	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.040	6.951	2335.400	2373.449	45.000	38.049	342.427	27.358	65.407
222	A_222	A_223		3.026	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.039	6.990	2336.400	2373.410	44.000	37.010	342.427	27.358	64.368
223	A_223	A_224		3.468	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.044	7.034	2337.400	2373.366	43.000	35.966	342.427	27.358	63.324
224	A_224	A_225		4.252	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	7.088	2338.400	2373.312	42.000	34.912	342.427	27.358	62.270
225	A_225	A_226		4.904	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.061	7.149	2339.400	2373.251	41.000	33.851	342.427	27.358	61.209
226	A_226	A_227		4.950	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.071	7.220	2340.400	2373.180	40.000	32.780	342.427	27.358	60.138
227	A_227	A_228		4.292	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	7.274	2341.400	2373.126	39.000	31.726	342.427	27.358	59.084
228	A_228	A_229		4.093	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.052	7.326	2342.400	2373.074	38.000	30.674	342.427	27.358	58.033
229	A_229	A_230		4.231	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	7.379	2343.400	2373.021	37.000	29.621	342.427	27.358	56.979
230	A_230	A_231		3.335	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.043	7.421	2344.400	2372.979	36.000	28.579	342.427	27.358	55.937
231	A_231	A_232		3.507	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	7.466	2345.400	2372.934	35.000	27.534	342.427	27.358	54.892
232	A_232	A_233		4.500	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.056	7.523	2346.400	2372.877	34.000	26.477	342.427	27.358	53.836
233	A_233	A_234		3.624	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.046	7.569	2347.400	2372.831	33.000	25.431	342.427	27.358	52.790
234	A_234	A_235		3.606	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.046	7.614	2348.400	2372.786	32.000	24.386	342.427	27.358	51.744
235	A_235	A_236		3.910	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.049	7.664	2349.400	2372.736	31.000	23.336	342.427	27.358	50.695
236	A_236	A_237		2.887	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	7.701	2350.400	2372.699	30.000	22.299	342.427	27.358	49.657
237	A_237	A_238		2.904	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	7.739	2351.400	2372.661	29.000	21.261	342.427	27.358	48.620
238	A_238	A_239		3.519	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	7.783	2352.400	2372.617	28.000	20.217	342.427	27.358	47.575
239	A_239	A_240		4.410	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.065	7.848	2353.400	2372.552	27.000	19.152	342.427	27.358	46.510
240	A_240	A_241		4.685	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.059	7.907	2354.400	2372.493	26.000	18.093	342.427	27.358	45.452
241	A_241	A_242		5.544	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.069	7.975	2355.400	2372.425	25.000	17.025	342.427	27.358	44.383
242	A_242	A_243		3.870	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.049	8.024	2356.400	2372.376	24.000	15.976	342.427	27.358	43.334
243	A_243	A_244		4.790	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.060	8.084	2357.400	2372.316	23.000	14.916	342.427	27.358	42.274
244	A_244	A_245		6.256	63	57	1.25	2.00	0.78	1.270	0.089	8.173	2358.400	2372.227	22.000	13.827	342.427	27.358	41.185
245	A_245	A_246		6.042	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.077	8.250	2359.400	2372.150	21.000	12.750	342.427	27.358	40.108
246	A_246	A_247		5.540	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.069	8.319	2360.400	2372.081	20.000	11.681	342.427	27.358	39.039
247	A_247	A_248		5.452	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	8.387	2361.400	2372.013	19.000	10.613	342.427	27.358	37.972
248	A_248	A_249		5.431	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	8.454	2362.527	2371.946	17.873	9.419	342.427	27.358	36.777

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.5.2.2. Modelación de la red hidráulica en el software EPANET.

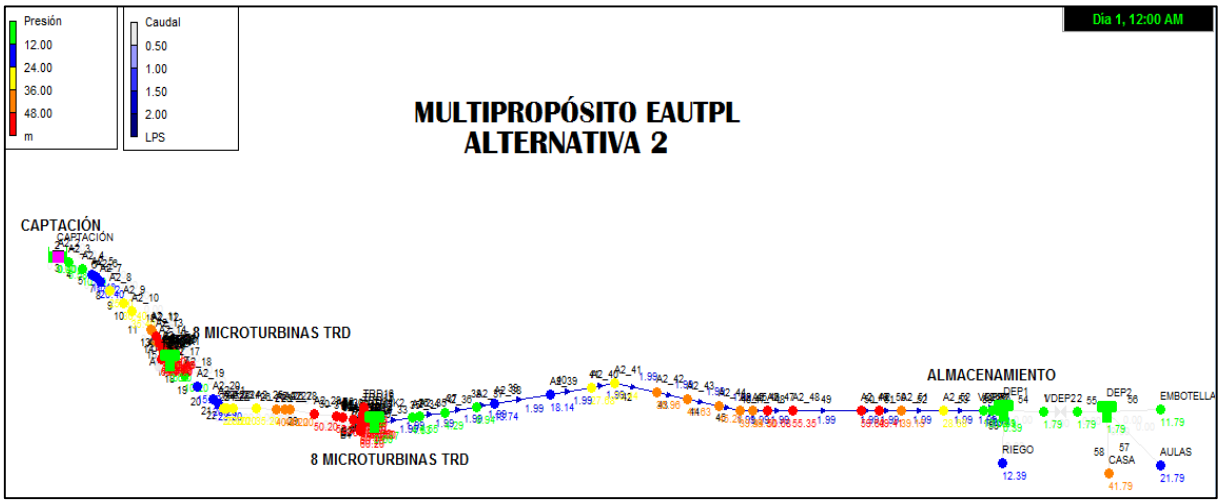


Figura 5.17. Esquema de la modelación en el software EPANET de la alternativa 2.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

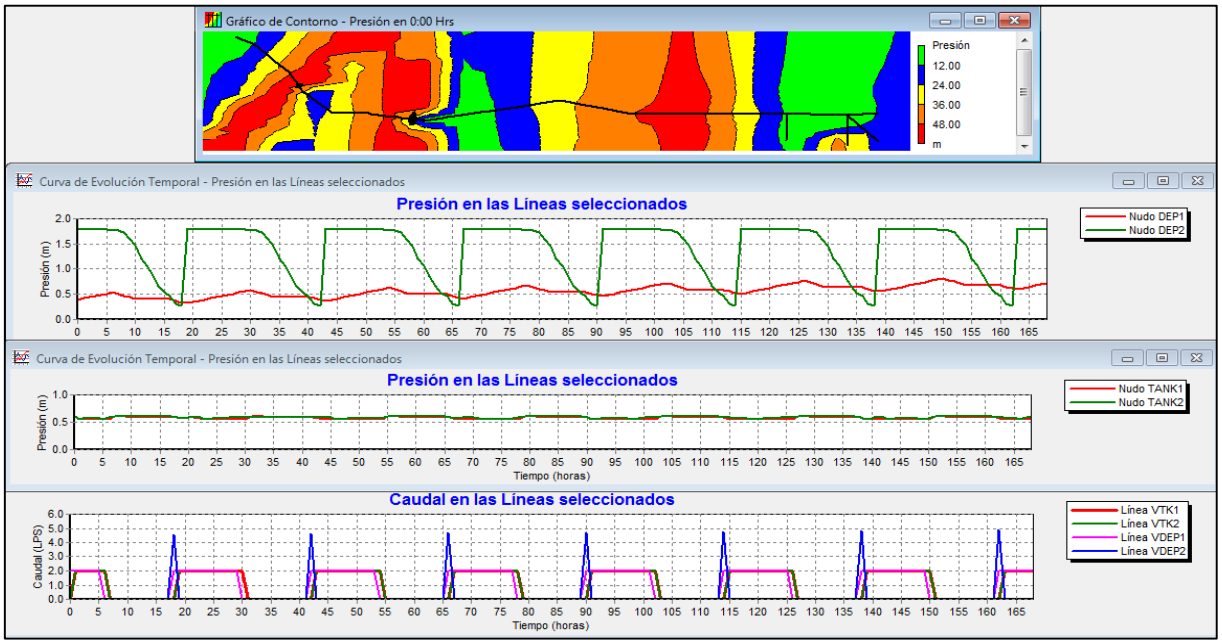


Figura 5.18. Representación gráfica de la modelación en el software EPANET de la alternativa 2.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.5.2.3. Revisión de los transitorios de la red hidráulica en el software DDYAGATS.

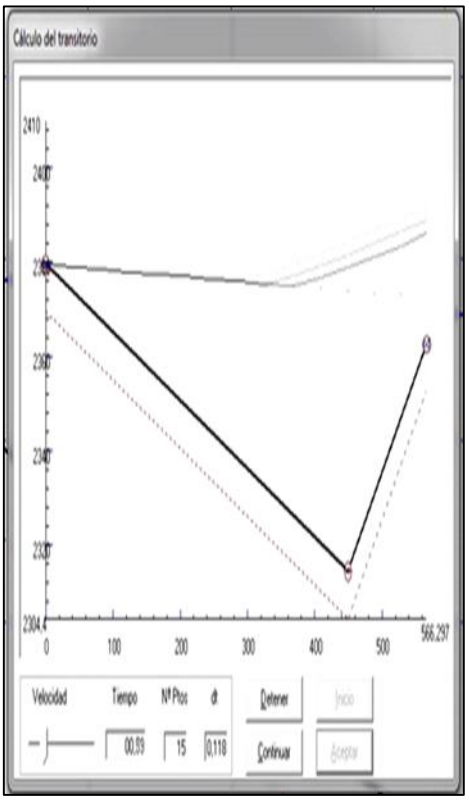


Figura 5.19. Imagen de la modelación de transitorios en el software DYAGATS de la alternativa 2.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

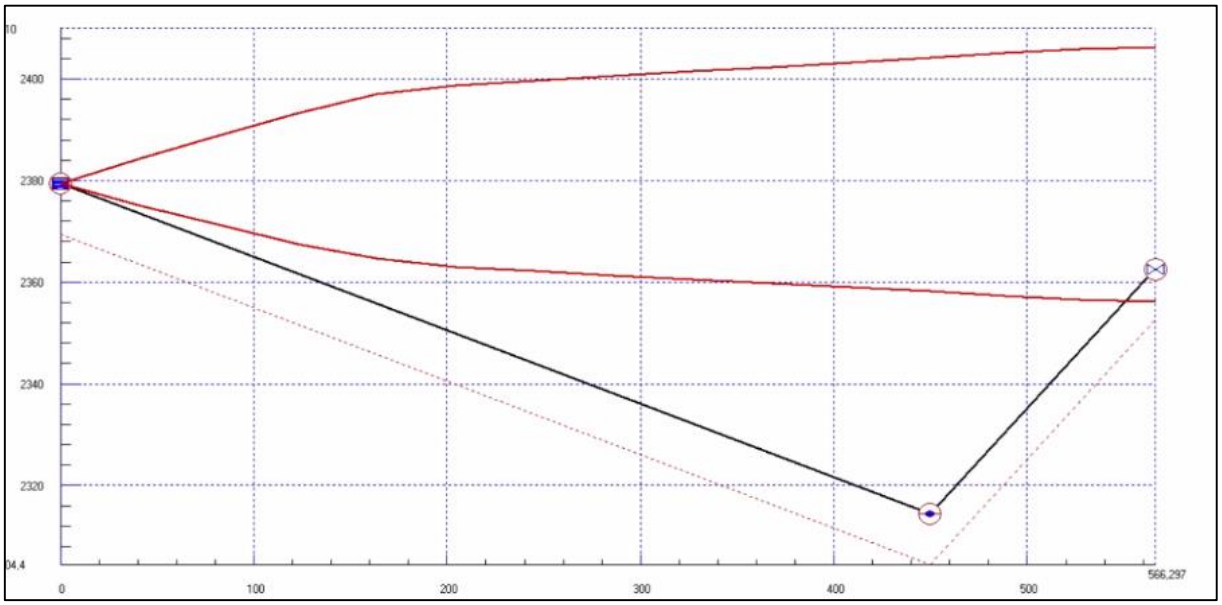


Figura 5.20. Esquema de la envolvente de los transitorios de la alternativa 2.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.5.3. Alternativa 3.

5.5.3.1. Cálculo manual de la red hidráulica.

Tabla 5.4. Cálculo de la red hidráulica de la alternativa 3.

TRAMO	NUDO		TRP	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		lps	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
0		A_1		0.000	60	55	4.92	2.00	0.86		0.000	0.000	2485.400	2485.400	0.000	0.000	344.199	30.081	30.081
1	A_1	A_2		1.910	60	55	4.92	2.00	0.86	0.000	0.037	0.037	2484.400	2485.363	1.000	0.963	344.199	30.081	31.044
2	A_2	A_3		1.938	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.041	0.079	2483.400	2485.321	2.000	1.921	344.199	30.081	32.002
3	A_3	A_4		1.411	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.031	0.110	2482.400	2485.290	3.000	2.890	344.199	30.081	32.971
4	A_4	A_5		1.390	60	55	4.92	2.00	0.86	0.771	0.042	0.152	2481.400	2485.248	4.000	3.848	344.199	30.081	33.929
5	A_5	A_6		1.826	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.039	0.191	2480.400	2485.209	5.000	4.809	344.199	30.081	34.890
6	A_6	A_7		2.175	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.046	0.237	2479.400	2485.163	6.000	5.763	344.199	30.081	35.844
7	A_7	A_8		2.450	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.051	0.288	2478.400	2485.112	7.000	6.712	344.199	30.081	36.792
8	A_8	A_9		2.042	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.043	0.332	2477.400	2485.068	8.000	7.668	344.199	30.081	37.749
9	A_9	A_10		3.104	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.064	0.396	2476.400	2485.004	9.000	8.604	344.199	30.081	38.685
10	A_10	A_11		2.518	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.053	0.449	2475.400	2484.951	10.000	9.551	344.199	30.081	39.632
11	A_11	A_12		2.706	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.056	0.505	2474.400	2484.895	11.000	10.495	344.199	30.081	40.576
12	A_12	A_13		4.258	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.087	0.591	2473.400	2484.809	12.000	11.409	344.199	30.081	41.489
13	A_13	A_14		3.695	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.076	0.667	2472.400	2484.733	13.000	12.333	344.199	30.081	42.414
14	A_14	A_15		3.675	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.075	0.742	2471.400	2484.658	14.000	13.258	344.199	30.081	43.339
15	A_15	A_16		2.756	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.057	0.799	2470.400	2484.601	15.000	14.201	344.199	30.081	44.281
16	A_16	A_17		1.540	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.034	0.833	2469.400	2484.567	16.000	15.167	344.199	30.081	45.248
17	A_17	A_18		1.597	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.035	0.868	2468.400	2484.532	17.000	16.132	344.199	30.081	46.213
18	A_18	A_19		1.635	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.036	0.903	2467.400	2484.497	18.000	17.097	344.199	30.081	47.177
19	A_19	A_20		1.765	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.038	0.941	2466.400	2484.459	19.000	18.059	344.199	30.081	48.139
20	A_20	A_21		2.958	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.061	1.003	2465.400	2484.397	20.000	18.997	344.199	30.081	49.078
21	A_21	A_22		3.961	60	55	4.92	2.00	0.86	0.771	0.092	1.095	2464.400	2484.305	21.000	19.905	344.199	30.081	49.986
22	A_22	A_23		2.606	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.054	1.149	2463.400	2484.251	22.000	20.851	344.199	30.081	50.932
23	A_23	A_24		2.237	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.047	1.196	2462.400	2484.204	23.000	21.804	344.199	30.081	51.884
24	A_24	A_25		0.321	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.010	1.206	2462.400	2484.194	23.000	21.794	344.199	30.081	51.874
25	A_25	A_26		1.672	60	55	4.92	2.00	0.86	0.771	0.047	1.254	2461.400	2484.146	24.000	22.746	344.199	30.081	52.827
26	A_26	A_27		1.772	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.038	1.292	2460.400	2484.108	25.000	23.708	344.199	30.081	53.789
27	A_27	A_28		2.162	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.046	1.338	2459.400	2484.062	26.000	24.662	344.199	30.081	54.743
28	A_28	A_29		3.985	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.081	1.419	2458.400	2483.981	27.000	25.581	344.199	30.081	55.662
29	A_29	A_30		1.471	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.032	1.451	2458.400	2483.949	27.000	25.549	344.199	30.081	55.629
30	A_30	A_31		2.476	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.052	1.503	2457.400	2483.897	28.000	26.497	344.199	30.081	56.578
31	A_31	A_32		1.199	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.027	1.530	2456.400	2483.870	29.000	27.470	344.199	30.081	57.551
32	A_32	A_33		1.343	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.030	1.560	2455.400	2483.840	30.000	28.440	344.199	30.081	58.521
33	A_33	A_34		1.120	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.026	1.586	2454.400	2483.814	31.000	29.414	344.199	30.081	59.495
34	A_34	A_35		2.018	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.043	1.629	2453.400	2483.771	32.000	30.371	344.199	30.081	60.452
35	A_35	A_36		0.314	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.010	1.638	2453.400	2483.762	32.000	30.362	344.199	30.081	60.442
36	A_36	A_37		5.006	60	55	4.92	2.00	0.86	0.771	0.112	1.751	2452.400	2483.649	33.000	31.249	344.199	30.081	61.330
37	A_37	A_38		2.437	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.051	1.802	2451.400	2483.598	34.000	32.198	344.199	30.081	62.279
38	A_38	A_39		5.868	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.118	1.920	2450.400	2483.480	35.000	33.080	344.199	30.081	63.161
39	A_39	A_40		1.563	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.034	1.954	2449.400	2483.446	36.000	34.046	344.199	30.081	64.127
40	A_40	A_41		2.016	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.043	1.997	2448.400	2483.403	37.000	35.003	344.199	30.081	65.084
41	A_41	A_42		1.643	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.036	2.032	2447.400	2483.368	38.000	35.968	344.199	30.081	66.048
42	A_42	A_43		1.277	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.029	2.061	2446.400	2483.339	39.000	36.939	344.199	30.081	67.020
43	A_43	A_44		1.165	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.026	2.087	2445.400	2483.313	40.000	37.913	344.199	30.081	67.993
44	A_44	A_45		1.513	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.033	2.120	2444.400	2483.280	41.000	38.880	344.199	30.081	68.960
45	A_45	A_46		1.111	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.025	2.146	2443.400	2483.254	42.000	39.854	344.199	30.081	69.935
46	A_46	A_47		1.109	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.025	2.171	2442.400	2483.229	43.000	40.829	344.199	30.081	70.910
47	A_47	A_48		1.100	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.025	2.196	2441.400	2483.204	44.000	41.804	344.199	30.081	71.885
48	A_48	A_49		1.093	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.025	2.221	2440.400	2483.179	45.000	42.779	344.199	30.081	72.860
49	A_49	A_50		3.497	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.072	2.293	2440.400	2483.107	45.000	42.707	344.199	30.081	72.788
50	A_50	A_51		2.498	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.052	2.345	2439.400	2483.055	46.000	43.655	344.199	30.081	73.736
51	A_51	A_52		2.567	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.054	2.399	2438.400	2483.001	47.000	44.601	344.199	30.081	74.682
52	A_52	A_53		1.907	60	55	4.92	2.00	0.86	0.771	0.052	2.451	2437.400	2482.949	48.000	45.549	344.199	30.081	75.630
53	A_53	A_54		2.108	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.045	2.496	2436.400	2482.904	49.000	46.504	344.199	30.081	76.585
54	A_54	A_55		2.264	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.048	2.543	2435.400	2482.857	50.000	47.457	344.199	30.081	77.537
55	A_55	A_56		2.271	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.048	2.591	2434.400	2482.809	51.000	48.409	344.199	30.081	78.490
56	A_56	A_57		2.233	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.047	2.638	2433.400	2482.762	52.000	49.362	344.199	30.081	79.442
57	A_57	A_58		2.259	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.048	2.686	2432.400	2482.714	53.000	50.314	344.199	30.081	80.395
58	A_58	A_59		2.181	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.046	2.732	2431.400	2482.668	54.000	51.268	344.199	30.081	81.349
59	A_59	A_60		3.697	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.076	2.808	2430.400	2482.592	55.000	52.192	344.199	30.081	82.273
60	A_60	A_61		4.563	60	55	4.92	2.00	0.86	0.771	0.104	2.911	2429.400	2482.489	56.000	53.089	344.199	30.081	83.169
61	A_61	A_62		2.170	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.046	2.957	2428.400	2482.443	57.000	54.043	344.199	30.081	84.123
62	A_62	A_63		1.445	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.032	2.989	2427.400	2482.411	58.000	55.011	344.199	30.081	85.092
63	A_63	A_64		3.976	60	55	4.92	2.00	0.86	0.771	0.092	3.081	2426.400	2482.319	59.000	55.919	344.199	30.081	85.999

Continúa Tabla 5.4…

… Continuación Tabla 5.4

TRAMO	NUDO		TRP	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		lps	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
64	A_64	A_65		3.480	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.071	3.153	2425.400	2482.247	60.000	56.847	344.199	30.081	86.928
65	A_65	A_66		4.073	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.083	3.236	2424.400	2482.164	61.000	57.764	344.199	30.081	87.845
66	A_66	A_67		3.443	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.071	3.306	2423.400	2482.094	62.000	58.694	344.199	30.081	88.774
67	A_67	A_68		3.968	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.081	3.387	2422.400	2482.013	63.000	59.613	344.199	30.081	89.693
68	A_68	A_69		3.977	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.081	3.468	2421.400	2481.932	64.000	60.532	344.199	30.081	90.612
69	A_69	A_70		4.030	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.082	3.550	2420.400	2481.850	65.000	61.450	344.199	30.081	91.530
70	A_70	A_71		3.119	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.064	3.615	2419.400	2481.785	66.000	62.385	344.199	30.081	92.466
71	A_71	A_72		2.778	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.058	3.673	2418.400	2481.727	67.000	63.327	344.199	30.081	93.408
72	A_72	A_73		2.375	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.050	3.722	2417.400	2481.678	68.000	64.278	344.199	30.081	94.358
73	A_73	A_74		1.822	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.039	3.762	2416.400	2481.638	69.000	65.238	344.199	30.081	95.319
74	A_74	A_75		2.879	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.060	3.821	2415.400	2481.579	70.000	66.179	344.199	30.081	96.259
75	A_75	A_76		1.613	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.035	3.856	2414.400	2481.544	71.000	67.144	344.199	30.081	97.224
76	A_76	A_77		1.477	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.032	3.889	2413.400	2481.511	72.000	68.111	344.199	30.081	98.192
77	A_77	A_78		1.600	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.035	3.924	2412.400	2481.476	73.000	69.076	344.199	30.081	99.157
78	A_78	A_79		2.509	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.053	3.976	2412.400	2481.424	73.000	69.024	344.199	30.081	99.105
79	A_79	A_80		1.828	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.039	4.015	2411.400	2481.385	74.000	69.985	344.199	30.081	100.065
80	A_80	A_81		1.752	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.038	4.053	2410.400	2481.347	75.000	70.947	344.199	30.081	101.027
81	A_81	A_82		2.094	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.044	4.098	2409.400	2481.302	76.000	71.902	344.199	30.081	101.983
82	A_82	A_83		5.539	60	55	4.92	2.00	0.86	0.771	0.123	4.220	2408.400	2481.180	77.000	72.780	344.199	30.081	102.860
83	A_83	A_84		3.398	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.070	4.290	2407.400	2481.110	78.000	73.710	344.199	30.081	103.791
84	A_84	A_85		3.891	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.079	4.369	2406.400	2481.031	79.000	74.631	344.199	30.081	104.711
85	A_85	A_86		4.179	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.085	4.454	2405.400	2480.946	80.000	75.546	344.199	30.081	105.626
86	A_86	A_87		4.256	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.086	4.541	2404.400	2480.859	81.000	76.459	344.199	30.081	106.540
87	A_87	A_88		4.295	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.087	4.628	2403.400	2480.772	82.000	77.372	344.199	30.081	107.453
88	A_88	A_89		4.428	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.090	4.718	2402.400	2480.682	83.000	78.282	344.199	30.081	108.363
89	A_89	A_90		2.721	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.057	4.775	2401.400	2480.625	84.000	79.225	344.199	30.081	109.306
90	A_90	A_91		1.244	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.028	4.803	2400.400	2480.597	85.000	80.197	344.199	30.081	110.278
91	A_91	A_92		1.409	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.031	4.834	2399.400	2480.566	86.000	81.166	344.199	30.081	111.247
92	A_92	A_93		1.694	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.037	4.870	2398.400	2480.530	87.000	82.130	344.199	30.081	112.210
93	A_93	A_94		3.556	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.073	4.943	2397.400	2480.457	88.000	83.057	344.199	30.081	113.137
94	A_94	A_95		6.419	60	55	4.92	2.00	0.86	0.347	0.132	5.075	2396.400	2480.325	89.000	83.925	344.199	30.081	114.006
95	A_95	A_96		2.379	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.050	5.125	2395.400	2480.275	90.000	84.875	344.199	30.081	114.956
96	A_96	A_97		2.778	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.058	5.182	2394.400	2480.218	91.000	85.818	344.199	30.081	115.898
97	A_97	A_98		1.684	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.036	5.219	2393.400	2480.181	92.000	86.781	344.199	30.081	116.862
98	A_98	A_99		6.327	60	55	4.92	2.00	0.86	0.347	0.130	5.349	2392.400	2480.051	93.000	87.651	344.199	30.081	117.732
99	A_99	A_100		4.949	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.100	5.449	2391.400	2479.951	94.000	88.551	344.199	30.081	118.632
100	A_100	A_101		4.191	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.085	5.534	2390.400	2479.866	95.000	89.466	344.199	30.081	119.547
101	A_101	A_102		3.985	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.081	5.615	2389.400	2479.785	96.000	90.385	344.199	30.081	120.466
102	A_102	A_103		4.019	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.082	5.697	2388.400	2479.703	97.000	91.303	344.199	30.081	121.384
103	A_103	A_104		4.010	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.082	5.779	2387.400	2479.621	98.000	92.221	344.199	30.081	122.302
104	A_104	A_105		4.376	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.089	5.867	2386.400	2479.533	99.000	93.133	344.199	30.081	123.213
105	A_105	A_106		9.169	60	55	4.92	2.00	0.86	0.347	0.185	6.052	2385.400	2479.348	100.000	93.948	344.199	30.081	124.028
106	A_106	A_107		1.088	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.025	6.077	2385.400	2479.323	100.000	93.923	344.199	30.081	124.004
107	A_107	A_108		2.445	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.051	6.128	2385.400	2479.272	100.000	93.872	344.199	30.081	123.952
108	A_108	A_109		1.884	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.040	6.169	2384.400	2479.231	101.000	94.831	344.199	30.081	124.912
109	A_109	A_110		1.848	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.040	6.208	2383.400	2479.192	102.000	95.792	344.199	30.081	125.872
110	A_110	A_111		2.498	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.052	6.261	2382.400	2479.139	103.000	96.739	344.199	30.081	126.820
111	A_111	A_112		2.814	60	55	4.92	2.00	0.86	0.193	0.058	6.319	2381.400	2479.081	104.000	97.681	344.199	30.081	127.762
112	A_112	A_113	**0**	6.264	60	55	4.92	2.00	0.86	0.347	0.129	6.448	2380.400	2478.952	105.000	98.552	344.199	30.081	128.633
113	A_113	A_114		5.909	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.073	0.073	2379.400	2380.327	1.000	0.927	342.427	27.358	28.285
114	A_114	A_115		5.637	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.070	0.143	2378.400	2380.257	2.000	1.857	342.427	27.358	29.215
115	A_115	A_116		5.556	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.069	0.212	2377.400	2380.188	3.000	2.788	342.427	27.358	30.146
116	A_116	A_117		5.515	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	0.280	2376.400	2380.120	4.000	3.720	342.427	27.358	31.078
117	A_117	A_118		5.396	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.347	2375.400	2380.053	5.000	4.653	342.427	27.358	32.011
118	A_118	A_119		5.408	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.414	2374.400	2379.986	6.000	5.586	342.427	27.358	32.944
119	A_119	A_120		5.394	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.481	2373.400	2379.919	7.000	6.519	342.427	27.358	33.877
120	A_120	A_121		5.413	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.549	2372.400	2379.851	8.000	7.451	342.427	27.358	34.810
121	A_121	A_122		5.478	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	0.616	2371.400	2379.784	9.000	8.384	342.427	27.358	35.742
122	A_122	A_123		5.393	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	0.683	2370.400	2379.717	10.000	9.317	342.427	27.358	36.675
123	A_123	A_124		5.443	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	0.751	2370.400	2379.649	10.000	9.249	342.427	27.358	36.607
124	A_124	A_125		13.001	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.162	0.913	2370.400	2379.487	10.000	9.087	342.427	27.358	36.445
125	A_125	A_126		15.288	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.189	1.102	2369.400	2379.298	11.000	9.898	342.427	27.358	37.256
126	A_126	A_127		2.115	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.028	1.130	2368.400	2379.270	12.000	10.870	342.427	27.358	38.228
127	A_127	A_128		2.763	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	1.166	2367.400	2379.234	13.000	11.834	342.427	27.358	39.192
128	A_128	A_129		2.607	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.034	1.200	2366.400	2379.200	14.000	12.800	342.427	27.358	40.158
129	A_129	A_130		2.354	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	1.231	2365.400	2379.169	15.000	13.769	342.427	27.358	41.127
130	A_130	A_131		2.379	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	1.262	2364.400	2379.138	16.000	14.738	342.427	27.358	42.096
131	A_131	A_132		2.506	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.033	1.295	2363.400	2379.105	17.000	15.705	342.427	27.358	43.063

Continúa Tabla 5.4…

… Continuación Tabla 5.4

TRAMO	NUDO		TRP	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		lps	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
132	A_132	A_133		4.293	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	1.349	2362.400	2379.051	18.000	16.651	342.427	27.358	44.009
133	A_133	A_134		5.839	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.072	1.421	2361.400	2378.979	19.000	17.579	342.427	27.358	44.937
134	A_134	A_135		11.054	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.136	1.558	2360.400	2378.842	20.000	18.442	342.427	27.358	45.800
135	A_135	A_136		14.211	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.176	1.734	2359.400	2378.666	21.000	19.266	342.427	27.358	46.624
136	A_136	A_137		3.535	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	1.779	2359.400	2378.621	21.000	19.221	342.427	27.358	46.579
137	A_137	A_138		2.426	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	1.811	2360.400	2378.589	20.000	18.189	342.427	27.358	45.547
138	A_138	A_139		15.441	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.191	2.002	2360.400	2378.398	20.000	17.998	342.427	27.358	45.356
139	A_139	A_140		2.396	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	2.033	2359.400	2378.367	21.000	18.967	342.427	27.358	46.325
140	A_140	A_141		2.288	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.030	2.064	2358.400	2378.336	22.000	19.936	342.427	27.358	47.295
141	A_141	A_142		1.581	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	2.085	2357.400	2378.315	23.000	20.915	342.427	27.358	48.273
142	A_142	A_143		1.647	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	2.108	2356.400	2378.292	24.000	21.892	342.427	27.358	49.250
143	A_143	A_144		3.234	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.041	2.149	2355.400	2378.251	25.000	22.851	342.427	27.358	50.209
144	A_144	A_145		6.847	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.087	2.236	2354.400	2378.164	26.000	23.764	342.427	27.358	51.122
145	A_145	A_146		5.479	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	2.304	2353.400	2378.096	27.000	24.696	342.427	27.358	52.054
146	A_146	A_147		4.715	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.059	2.363	2352.400	2378.037	28.000	25.637	342.427	27.358	52.995
147	A_147	A_148		5.124	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.064	2.427	2351.400	2377.973	29.000	26.573	342.427	27.358	53.931
148	A_148	A_149		5.075	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.063	2.490	2350.400	2377.910	30.000	27.510	342.427	27.358	54.868
149	A_149	A_150		5.421	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	2.557	2349.400	2377.843	31.000	28.443	342.427	27.358	55.801
150	A_150	A_151		13.852	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.172	2.729	2348.400	2377.671	32.000	29.271	342.427	27.358	56.629
151	A_151	A_152		4.457	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.056	2.785	2347.400	2377.615	33.000	30.215	342.427	27.358	57.573
152	A_152	A_153		7.230	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.091	2.876	2346.400	2377.524	34.000	31.124	342.427	27.358	58.482
153	A_153	A_154		5.709	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.071	2.947	2345.400	2377.453	35.000	32.053	342.427	27.358	59.411
154	A_154	A_155		5.677	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.070	3.018	2344.400	2377.382	36.000	32.982	342.427	27.358	60.341
155	A_155	A_156		4.875	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.061	3.078	2343.400	2377.322	37.000	33.922	342.427	27.358	61.280
156	A_156	A_157		5.079	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.063	3.142	2342.400	2377.258	38.000	34.858	342.427	27.358	62.217
157	A_157	A_158		4.660	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.058	3.200	2341.400	2377.200	39.000	35.800	342.427	27.358	63.158
158	A_158	A_159		7.864	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.099	3.299	2340.400	2377.101	40.000	36.701	342.427	27.358	64.060
159	A_159	A_160		6.316	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.080	3.379	2339.400	2377.021	41.000	37.621	342.427	27.358	64.979
160	A_160	A_161		2.365	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.031	3.410	2339.400	2376.990	41.000	37.590	342.427	27.358	64.948
161	A_161	A_162		3.065	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.039	3.450	2339.400	2376.950	41.000	37.550	342.427	27.358	64.909
162	A_162	A_163		7.286	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.092	3.541	2338.400	2376.859	42.000	38.459	342.427	27.358	65.817
163	A_163	A_164		6.737	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.085	3.627	2337.400	2376.773	43.000	39.373	342.427	27.358	66.732
164	A_164	A_165		8.519	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.106	3.733	2336.400	2376.667	44.000	40.267	342.427	27.358	67.625
165	A_165	A_166		8.471	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.106	3.839	2335.400	2376.561	45.000	41.161	342.427	27.358	68.519
166	A_166	A_167		5.952	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.074	3.913	2334.400	2376.487	46.000	42.087	342.427	27.358	69.446
167	A_167	A_168		3.443	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.044	3.957	2334.400	2376.443	46.000	42.043	342.427	27.358	69.402
168	A_168	A_169		3.678	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.047	4.003	2334.400	2376.397	46.000	41.997	342.427	27.358	69.355
169	A_169	A_170		4.181	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	4.056	2333.400	2376.344	47.000	42.944	342.427	27.358	70.302
170	A_170	A_171		0.547	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.010	4.065	2333.400	2376.335	47.000	42.935	342.427	27.358	70.293
171	A_171	A_172		6.328	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.081	4.146	2333.400	2376.254	47.000	42.854	342.427	27.358	70.212
172	A_172	A_173		4.694	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.059	4.205	2332.400	2376.195	48.000	43.795	342.427	27.358	71.154
173	A_173	A_174		7.462	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.094	4.299	2332.400	2376.101	48.000	43.701	342.427	27.358	71.060
174	A_174	A_175		8.367	63	57	1.25	2.00	0.78	1.270	0.114	4.413	2331.400	2375.987	49.000	44.587	342.427	27.358	71.946
175	A_175	A_176		7.638	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.096	4.509	2331.400	2375.891	49.000	44.491	342.427	27.358	71.850
176	A_176	A_177		12.909	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.161	4.670	2330.400	2375.730	50.000	45.330	342.427	27.358	72.689
177	A_177	A_178		15.287	63	57	1.25	2.00	0.78	0.688	0.189	4.859	2336.865	2375.541	43.535	38.676	342.427	27.358	66.035
178	A_178	A_179		9.757	63	57	1.25	2.00	0.78	4.181	0.165	5.024	2336.865	2375.376	43.535	38.511	342.427	27.358	65.870
179	A_179	A_180		1.124	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.016	5.040	2335.750	2375.360	44.650	39.610	342.427	27.358	66.968
180	A_180	A_181		7.629	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.096	5.136	2329.400	2375.264	51.000	45.864	342.427	27.358	73.222
181	A_181	A_182		1.302	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.019	5.155	2328.400	2375.245	52.000	46.845	342.427	27.358	74.204
182	A_182	A_183		1.447	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.020	5.175	2327.400	2375.225	53.000	47.825	342.427	27.358	75.183
183	A_183	A_184		1.583	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	5.197	2326.400	2375.203	54.000	48.803	342.427	27.358	76.162
184	A_184	A_185		1.766	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	5.221	2325.400	2375.179	55.000	49.779	342.427	27.358	77.137
185	A_185	A_186		1.957	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.026	5.247	2324.400	2375.153	56.000	50.753	342.427	27.358	78.111
186	A_186	A_187		2.157	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	5.276	2323.400	2375.124	57.000	51.724	342.427	27.358	79.083
187	A_187	A_188		1.985	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	5.302	2322.400	2375.098	58.000	52.698	342.427	27.358	80.056
188	A_188	A_189		1.937	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.026	5.328	2321.400	2375.072	59.000	53.672	342.427	27.358	81.030
189	A_189	A_190		7.437	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.094	5.422	2320.400	2374.978	60.000	54.578	342.427	27.358	81.936
190	A_190	A_191		4.138	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.052	5.474	2320.400	2374.926	60.000	54.526	342.427	27.358	81.884
191	A_191	A_192		6.102	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.078	5.552	2320.400	2374.848	60.000	54.448	342.427	27.358	81.806
192	A_192	A_193		1.781	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	5.576	2319.400	2374.824	61.000	55.424	342.427	27.358	82.782
193	A_193	A_194		5.295	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.066	5.642	2318.400	2374.758	62.000	56.358	342.427	27.358	83.716
194	A_194	A_195		4.144	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.052	5.694	2317.400	2374.706	63.000	57.306	342.427	27.358	84.664
195	A_195	A_196		4.945	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.062	5.756	2316.400	2374.644	64.000	58.244	342.427	27.358	85.602
196	A_196	A_197		8.799	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.110	5.866	2316.400	2374.534	64.000	58.134	342.427	27.358	85.493
197	A_197	A_198		6.825	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.086	5.952	2316.400	2374.448	64.000	58.048	342.427	27.358	85.406
198	A_198	A_199		1.181	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.017	5.969	2315.400	2374.431	65.000	59.031	342.427	27.358	86.389
199	A_199	A_200		32.364	63	57	1.25	2.00	0.78	1.323	0.399	6.368	2314.400	2374.032	66.000	59.632	342.427	27.358	86.990

Continúa Tabla 5.4…

… Continuación Tabla 5.4

TRAMO	NUDO		TRP	Long	DIAM (mm)		Presión trabajo (Mpa)	Q	V	Longitud equivalente	Pérdidas	Pérdidas acumuladas	Cotas		Presión		Transitorio		
											Darcy Weisbach (Offor and Alabi (2016))		Tubería	Piezométrica	Estática	Dinámica	Celeridad	Pulso de Joukowsky	Presión = Carga + Ariete
	DE	A		m	EXT.	INT.		lps	m/s	m		m.c.a	m.s.n.m	m.s.n.m	m.c.a	m.c.a	m/s	m.c.a	m.c.a
200	A_200	A_201		0.877	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.014	6.381	2314.400	2374.019	66.000	59.619	342.427	27.358	86.977
201	A_201	A_202		2.786	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.036	6.418	2315.400	2373.982	65.000	58.582	342.427	27.358	85.941
202	A_202	A_203		1.624	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	6.440	2316.400	2373.960	64.000	57.560	342.427	27.358	84.918
203	A_203	A_204		1.589	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	6.462	2317.400	2373.938	63.000	56.538	342.427	27.358	83.896
204	A_204	A_205		1.663	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	6.485	2318.400	2373.915	62.000	55.515	342.427	27.358	82.874
205	A_205	A_206		1.744	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.508	2319.400	2373.892	61.000	54.492	342.427	27.358	81.850
206	A_206	A_207		1.731	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.532	2320.400	2373.868	60.000	53.468	342.427	27.358	80.826
207	A_207	A_208		1.627	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.022	6.554	2321.400	2373.846	59.000	52.446	342.427	27.358	79.804
208	A_208	A_209		1.684	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.023	6.577	2322.400	2373.823	58.000	51.423	342.427	27.358	78.781
209	A_209	A_210		1.857	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	6.603	2323.400	2373.797	57.000	50.397	342.427	27.358	77.756
210	A_210	A_211		1.725	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.626	2324.400	2373.774	56.000	49.374	342.427	27.358	76.732
211	A_211	A_212		1.789	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.650	2325.400	2373.750	55.000	48.350	342.427	27.358	75.708
212	A_212	A_213		2.432	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	6.682	2326.400	2373.718	54.000	47.318	342.427	27.358	74.676
213	A_213	A_214		2.439	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.032	6.714	2327.400	2373.686	53.000	46.286	342.427	27.358	73.644
214	A_214	A_215		1.824	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.025	6.739	2328.400	2373.661	52.000	45.261	342.427	27.358	72.619
215	A_215	A_216		1.785	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.024	6.763	2329.400	2373.637	51.000	44.237	342.427	27.358	71.595
216	A_216	A_217		1.982	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	6.790	2330.400	2373.610	50.000	43.210	342.427	27.358	70.568
217	A_217	A_218		2.014	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.027	6.817	2331.400	2373.583	49.000	42.183	342.427	27.358	69.541
218	A_218	A_219		2.185	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.029	6.846	2332.400	2373.554	48.000	41.154	342.427	27.358	68.512
219	A_219	A_220		2.143	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.028	6.874	2333.400	2373.526	47.000	40.126	342.427	27.358	67.484
220	A_220	A_221		2.839	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	6.911	2334.400	2373.489	46.000	39.089	342.427	27.358	66.447
221	A_221	A_222		3.129	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.040	6.951	2335.400	2373.449	45.000	38.049	342.427	27.358	65.407
222	A_222	A_223		3.026	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.039	6.990	2336.400	2373.410	44.000	37.010	342.427	27.358	64.368
223	A_223	A_224		3.468	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.044	7.034	2337.400	2373.366	43.000	35.966	342.427	27.358	63.324
224	A_224	A_225		4.252	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	7.088	2338.400	2373.312	42.000	34.912	342.427	27.358	62.270
225	A_225	A_226		4.904	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.061	7.149	2339.400	2373.251	41.000	33.851	342.427	27.358	61.209
226	A_226	A_227		4.950	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.071	7.220	2340.400	2373.180	40.000	32.780	342.427	27.358	60.138
227	A_227	A_228		4.292	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.054	7.274	2341.400	2373.126	39.000	31.726	342.427	27.358	59.084
228	A_228	A_229		4.093	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.052	7.326	2342.400	2373.074	38.000	30.674	342.427	27.358	58.033
229	A_229	A_230		4.231	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.053	7.379	2343.400	2373.021	37.000	29.621	342.427	27.358	56.979
230	A_230	A_231		3.335	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.043	7.421	2344.400	2372.979	36.000	28.579	342.427	27.358	55.937
231	A_231	A_232		3.507	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	7.466	2345.400	2372.934	35.000	27.534	342.427	27.358	54.892
232	A_232	A_233		4.500	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.056	7.523	2346.400	2372.877	34.000	26.477	342.427	27.358	53.836
233	A_233	A_234		3.624	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.046	7.569	2347.400	2372.831	33.000	25.431	342.427	27.358	52.790
234	A_234	A_235		3.606	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.046	7.614	2348.400	2372.786	32.000	24.386	342.427	27.358	51.744
235	A_235	A_236		3.910	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.049	7.664	2349.400	2372.736	31.000	23.336	342.427	27.358	50.695
236	A_236	A_237		2.887	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	7.701	2350.400	2372.699	30.000	22.299	342.427	27.358	49.657
237	A_237	A_238		2.904	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.037	7.739	2351.400	2372.661	29.000	21.261	342.427	27.358	48.620
238	A_238	A_239		3.519	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.045	7.783	2352.400	2372.617	28.000	20.217	342.427	27.358	47.575
239	A_239	A_240		4.410	63	57	1.25	2.00	0.78	1.058	0.065	7.848	2353.400	2372.552	27.000	19.152	342.427	27.358	46.510
240	A_240	A_241		4.685	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.059	7.907	2354.400	2372.493	26.000	18.093	342.427	27.358	45.452
241	A_241	A_242		5.544	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.069	7.975	2355.400	2372.425	25.000	17.025	342.427	27.358	44.383
242	A_242	A_243		3.870	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.049	8.024	2356.400	2372.376	24.000	15.976	342.427	27.358	43.334
243	A_243	A_244		4.790	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.060	8.084	2357.400	2372.316	23.000	14.916	342.427	27.358	42.274
244	A_244	A_245		6.256	63	57	1.25	2.00	0.78	1.270	0.089	8.173	2358.400	2372.227	22.000	13.827	342.427	27.358	41.185
245	A_245	A_246		6.042	63	57	1.25	2.00	0.78	0.476	0.077	8.250	2359.400	2372.150	21.000	12.750	342.427	27.358	40.108
246	A_246	A_247		5.540	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.069	8.319	2360.400	2372.081	20.000	11.681	342.427	27.358	39.039
247	A_247	A_248		5.452	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.068	8.387	2361.400	2372.013	19.000	10.613	342.427	27.358	37.972
248	A_248	A_249		5.431	63	57	1.25	2.00	0.78	0.265	0.067	8.454	2362.527	2371.946	17.873	9.419	342.427	27.358	36.777

Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.5.3.2. Modelación de la red hidráulica en el software EPANET.

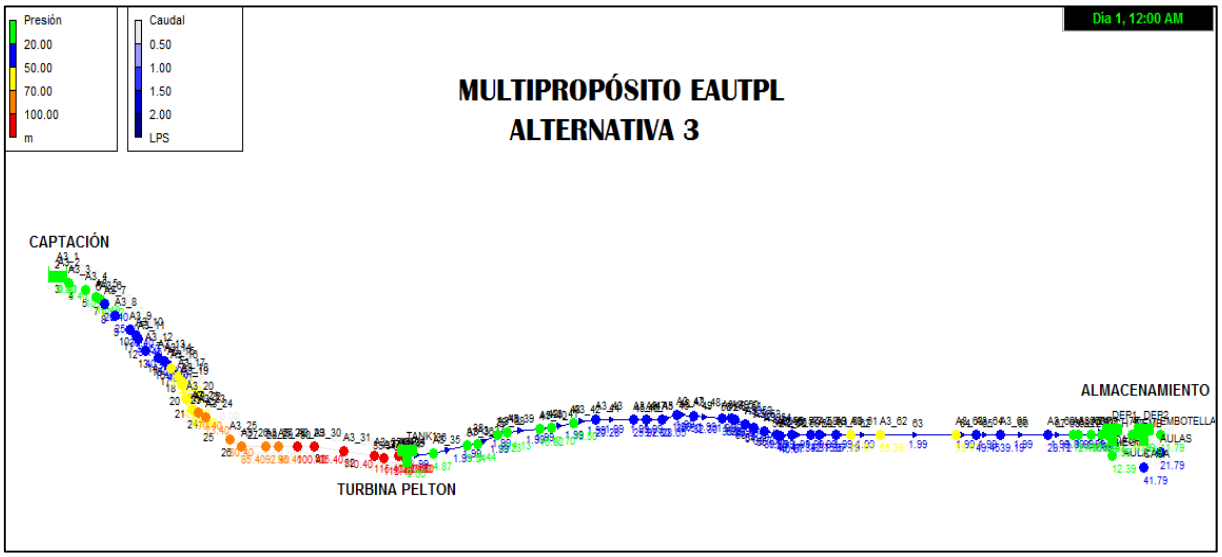


Figura 5.21. Esquema de la modelación en el software EPANET de la alternativa 3.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

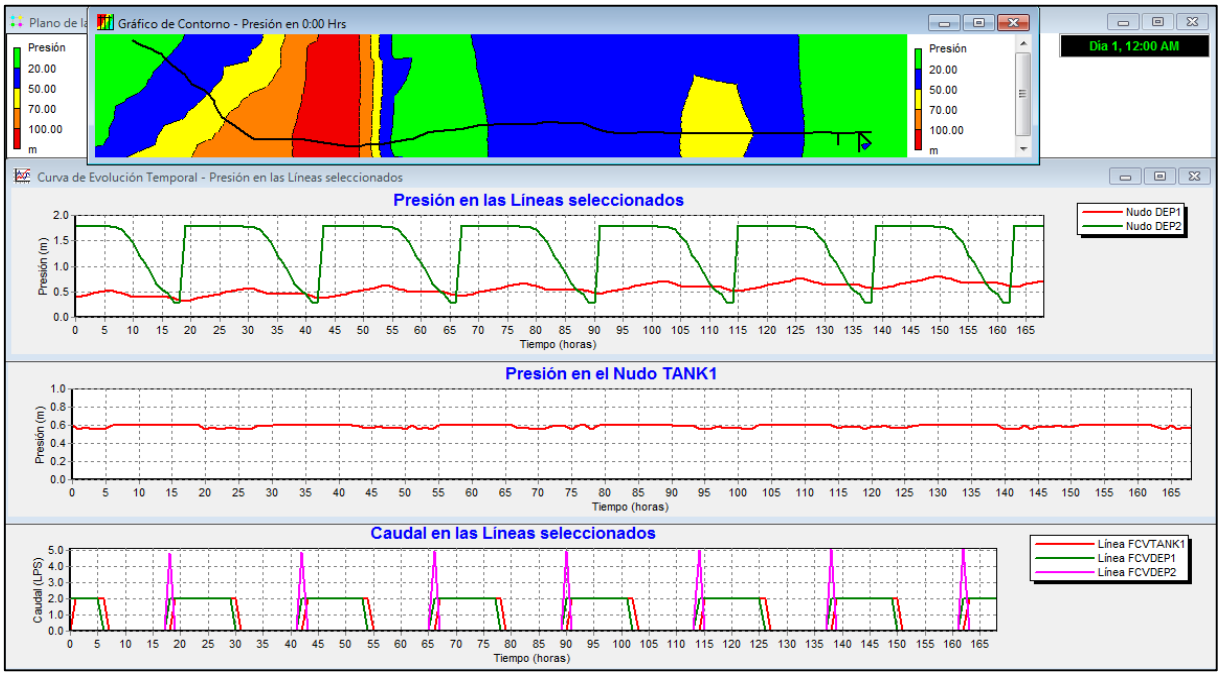


Figura 5.22. Representación gráfica de la modelación en el software EPANET de la alternativa 3.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.5.3.3. Revisión de los transitorios de la red hidráulica en el software DYAGATS.

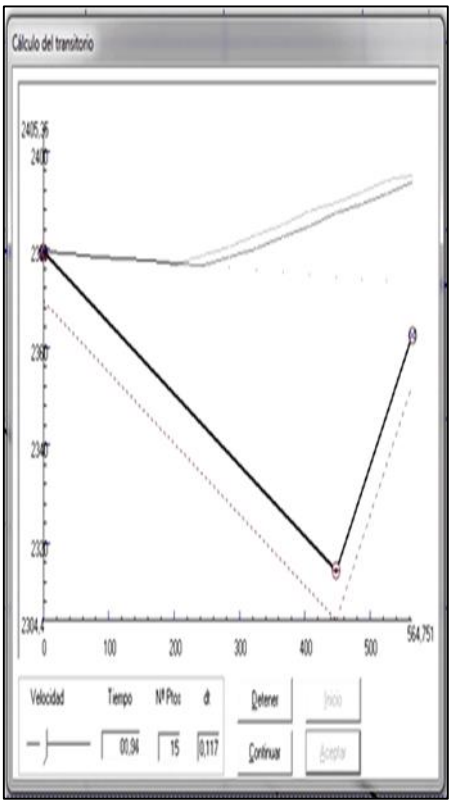


Figura 5.23. Imagen de la modelación de transitorios en el software DYAGATS de la alternativa 3.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

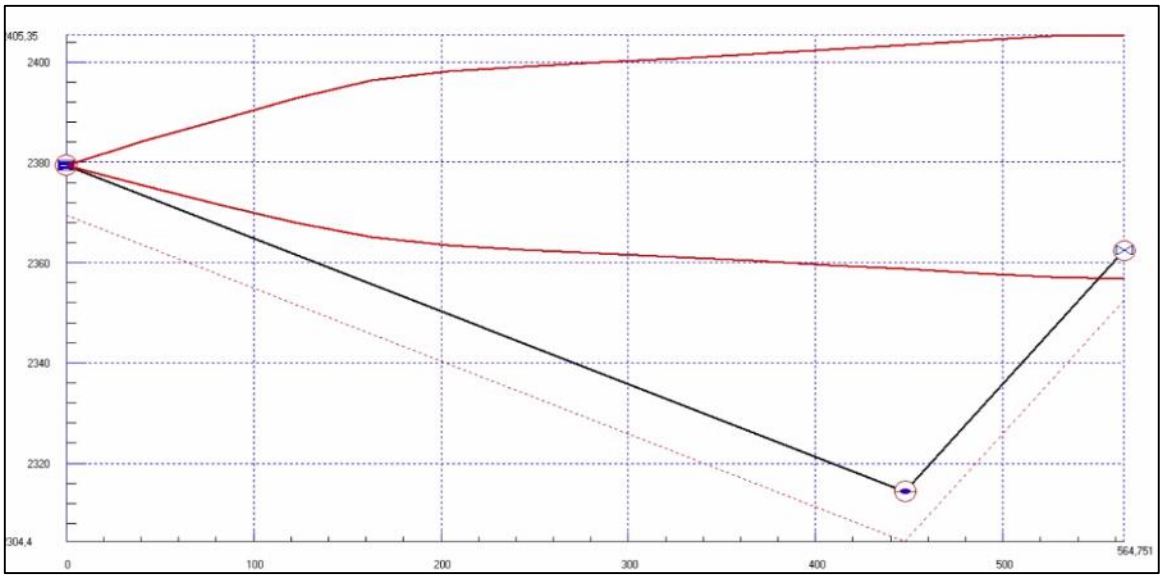


Figura 5.24. Esquema de la envolvente de los transitorios de la alternativa 3.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.6. Tanque rompe presión

DATOS		
Q	0.002	m^3/s
D	0.057	m

Carga de agua.

$$H = 1.56 \times \frac{Q^2}{2 \times g \times A^2} \quad (5\text{-}72)$$

A	0.003	m²
H	0.049	m
H	0.300	m

Altura total de la cámara rompe presión.

$$Ht = A + H + B.L \quad (5\text{-}73)$$

A	0.10	m
B.L.	0.20	m
Ht	0.60	m

Se considera una sección interna de 0.60 m x 0.60 m por motivos de construcción.

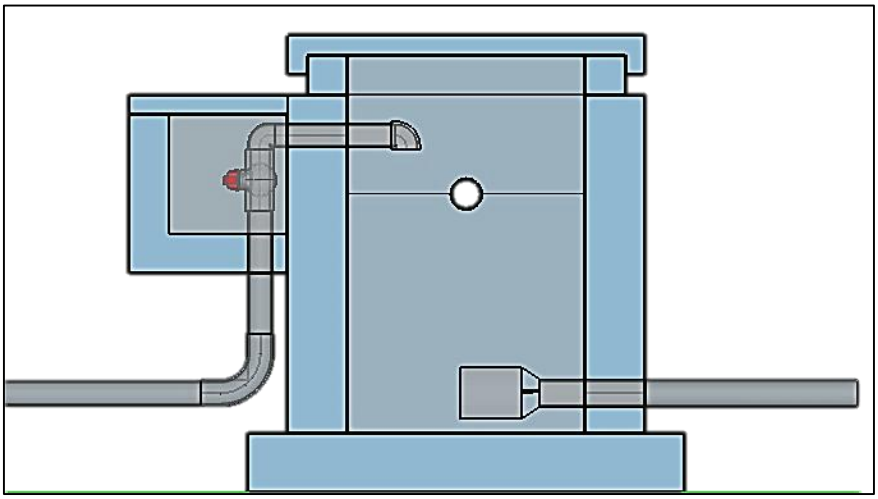


Figura 5.25. Esquema del tanque rompe presión.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.6.1. Canastilla

Diámetro de la canastilla.

$$Dcanastilla = 2 \times Dc = 0.114\ m \quad (5\text{-}74)$$

Área total de las ranuras.

$$At = 2 \times Ac = 0.005\ m^2 \quad (5\text{-}75)$$

Longitud de la canastilla.

Se recomienda tener una longitud mayor a 3Dc y menos a 6Dc.

3Dc	0.171	m
6Dc	0.342	m
L	0.20	m

Número de ranuras.

$$N°Ranuras = \frac{At}{A_{ranura}} \quad (5\text{-}76)$$

Ancho ranura	10.00	mm
Largo ranura	10.00	mm
A_{ranura}	0.0001	m²
N°de ranuras	52	u

5.6.2. Rebose y limpieza

Diámetro de la tubería de rebose y limpieza.

$$D = \frac{0.71 \times Q^{0.38}}{hf^{0.21}} \quad (5\text{-}77)$$

h^f	0.013	m/m
D	2.298	plg
D	58.38	mm

5.6.3. Armado del TRP

DATOS		
Hw	0.60	m
ew	0.10	m
Ø	10.00	mm
f´c	210.00	Kg/cm²

1. Cálculo de la fuerza de empuje.

E = 600.00 Kg/m^2.

Altura al centro de gravedad.

hc = 0.20 m.

2. Empuje hidrostático.

E = 300.00 Kg/m

3. Momento flexionante.

M = 60.00 Kg·m/ml.

4. Momento último

Mu = 102.00 Kg·m/ml.

5. Cálculo del acero necesario para la pared (para 1 ml)

Acero necesario por flexión, As = 0.50 cm^2.

Acero mínimo por temperatura, As = 1.80 cm^2

Acero mínimo por flexión, As = 1.83 cm^2.

Acero adoptado, **As = 1.83 cm²**

Separación, s = 25.00 cm.

Armado, **1 Ø 10 @ 25 cm.**

5.7. Cámara de carga

DATOS		
Caudal de diseño (Q) :	0.002	m³/s
Altura total de la PCH (Hc) :	59.00	m
Altura de la conducción (h_1) :	0.60	m
Ancho de la conducción (b_c) :	0.15	m
Longitud de la tubería de presión (L) :	139.00	m
Diámetro de la tubería de presión (D) :	0.057	m

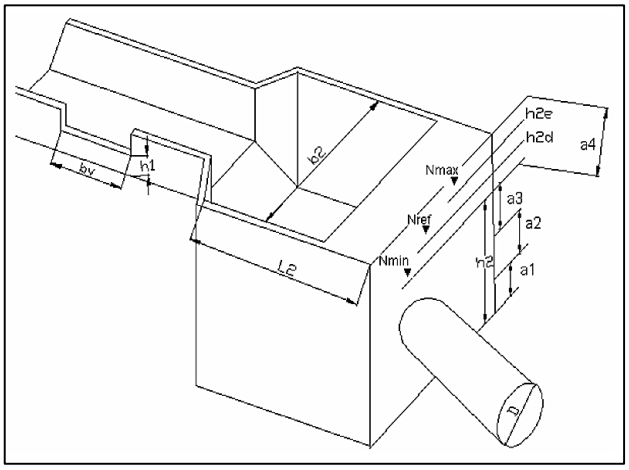


Figura 5.26. Esquema de la cámara de carga.
Fuente: Ortiz-Flórez, 2011.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Altura que evita el ingreso de posibles sedimentos a la tubería de presión.

$$a_1 = 0.30 \text{ m}$$

Altura igual al diámetro de la tubería.

$$a_2 = 0.057 \text{ m}$$

Nivel mínimo para evitar la cavitación.

$$a_{3min} = 0.30 \text{ m}$$

Profundidad de seguridad para el golpe de ariete.

$$a_{4min} = 0.30 \text{ m}$$

Altura de la cámara.

$$h_2 = 0.70 \text{ m}$$

Velocidad media de la cámara de presión.

$$V_2 = 0.60 \text{ m/s}$$

Ancho de la cámara.

$$b_2 = 0.005 \text{ m} \approx 0.40 \text{ m}$$

Altura del volumen de agua en la cámara.

$$h_2d = 0.001 \text{ m}$$

$$h'_2e = 0.66 \text{ m}$$

Longitud de la cámara de carga.

$$L_2 = 0.400 \text{ m}$$

Altura de nivel máximo.

$$h_2e = 0.001 \text{ m}$$

Caudal del vertedero.

$$Q_v = 0.0024 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ancho del vertedero.

$$b_v = 0.15 \text{ m}$$

Aliviadero con cresta gruesa de cantos redondeados, entonces M = 0.50

De la ecuación (5-78) despejar la altura del vertedero (h_v):

$$Q_v = \frac{2}{3} \times M \times b_v \times \sqrt{2g} \times h_v^{3/2} \quad (5\text{-}78)$$

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

Altura de la cámara de presión.

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

5.8. Tubería forzada

5.8.1. Espesor de la tubería.

Su cálculo se determina con la ecuación (35) descrita en la sección 2.2.6.1.

DATOS		
Hc	115.979	m
hs	33.500	m
D	0.057	m
Kf	0.900	

Para el acero la resistencia de tracción del material es, σf = 1200 Kgf/cm^2.

Espesor		
e	0.007	m
e	6.945	mm
e	7.000	mm

5.8.2. Tensiones.

Las ecuaciones de cálculo se muestran en la sección 2.2.6.2., pertenecen a las ecuaciones (36) a (44).

- Tensión tangencial ejercida por el golpe de ariete, δ_{ta} = 60.86 Kgf/cm^2.

- Tensión longitudinal debido a la variación de temperatura.

Δt	5.00	°C
E	2.10E+06	kN/m²
α	1.20E-05	°C^{-1}
δte	126.00	Kgf/cm²

- Tensión longitudinal debida a la presión hidrostática, con válvula cerrada, δ_{tl} = 27.10 Kgf/cm^2.

- Tensión de flexión entre apoyos debido al peso propio de la tubería y al peso del agua.

  F = 13.600 Tf/m.

  Se escoge ubicar los apoyos cada cuatro metros debido a la topografía del terreno.

Ls	4	m
θ	30	grados

Momento flector máximo, $Mf_{máx}$ = 1.36-02 Tf.

Momento de resistencia, Mr = 2.05-05 Tf.

δ_{tf} = 662.08 Kgf/cm^2.

- Tensión longitudinal, debido a la inclinación de la pendiente del terreno, δ_j = 33.47 Kgf/cm^2.

- Tensión resultante, δ_R = 909.51 Kgf/cm^2.

El espesor de 7 mm de la tubería cumple con las tensiones solicitadas, debido a que la tensión resultante δ_R es menor a la resistencia de tracción del acero σf.

5.9. Microturbinas TRD

5.9.1. Ubicación de las microturbinas TRD.

Se colocará 8 microturbinas TRD en dos puntos diferente de la conducción debido a la presión dinámica con la que se cuenta. Obteniendo un total de 16 microturbinas trabajando en el sistema.

Caudal de la red de diseño, Q = 2.00 l/s.

Primera estación de microturbinas.

Caudal para cada microturbina		
q	0.29	l/s
q	17.14	l/min
Presión disponible	58.58	m.c.a

Trabajando con un caudal máximo de 15.10 l/min y una presión de 50.00 m.c.a., que se encuentran disponibles en la zona de estudio, se tiene:

Potencia generada	14.85	watt
Potencia total	118.80	watt

Segunda estación de microturbinas.

Caudal para cada microturbina		
q	0.29	l/s
q	17.14	l/min
Presión disponible	57.45	m.c.a

Igualmente, trabajando con un caudal máximo de 15.10 l/min y una presión de 50.00 m.c.a., que se encuentran disponibles en la zona de estudio, se tiene:

Potencia generada	14.85	watt
Potencia total	118.80	watt

Potencia total de la red, P_R = 237.60 watts.

5.10. Turbina Pelton

5.10.1. Selección de la turbina.

Datos		
Hn	98.552	m
Qd	0.002	m^3/s

Potencia instalada.

$$P = \gamma \times Qd \times Hn = 2.28\ Kw = 3.10\ CV \quad (5\text{-}79)$$

Rendimiento de la turbina.

η	0.85	Hn/Ht

Potencia efectiva.

$$Pe = P \times \eta = 1.94\ Kw = 2.63\ CV \quad (5\text{-}80)$$

Velocidad específica.

$$ns = n\frac{Pe^{1/2}}{i \times Hn^{5/4}} = 3.83\ rpm \quad (5\text{-}81)$$

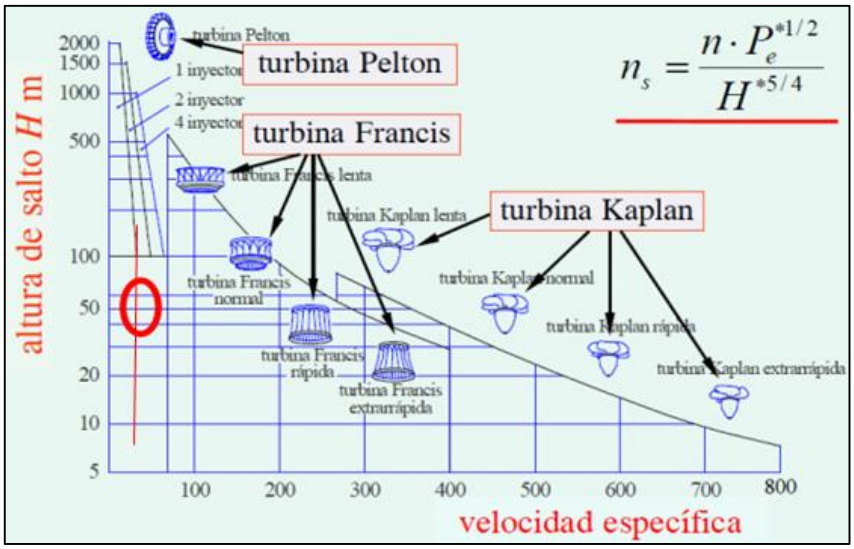


Figura 5.27. Esquema del tipo de turbina a escoger en función de la velocidad específica.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 5.5. Tipos de turbinas en función de "n_s".

Velocidad específica, n_s	Tipo de turbina
De 5 – 30	Pelton con un inyector
De 30 – 70	Pelton con varios inyectores
De 40 – 60	Michell – Banki
De 60 – 150	Francis (lenta)
De 150 – 250	Francis (normal)
De 250 – 450	Francis (rápida)
De 450 – 600	Francis doble gemela rápida
Más de 500	Kaplan o hélice

Fuente: Fernández Díez, 2014.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.10.2. Diseño de la turbina.

Datos		
Hn	98.552	m
Qd	0.002	m^3/s
n	900	rpm
ns	3.832	rpm
nch	1	

Caudal de cada inyector.

$$Qch = \frac{Qd}{nch} = 0.002\, m^3/s \tag{5-82}$$

Coeficiente de velocidad absoluta o de chorro, su valor varía entre 0.97 a 0.98 por efecto de pérdidas, en este caso se toma φ = 0.97.

Velocidad absoluta en cada inyector.

$$U = \varphi(2gHn)^{0.5} = 46.30\, m/s \tag{5-83}$$

Velocidad tangencial.

Este coeficiente es menor en las máquinas de carga alta (Pelton), su valor varía entre 0.44 a 0.48.

$$u1 = Ku \times U = 0.44 \times 46.30 = 20.37\ m/s \tag{5-84}$$

Diámetro del chorro del inyector.

$$d_o = \left(\frac{4Q_{ch}}{\pi \times U}\right)^{0.5} = 0.01\ m = 8.00\ mm \tag{5-85}$$

Diseño del rodete.

Diámetro del rodete en el punto de choque.

$$D = \frac{60(u_1)}{\pi n} = 0.43\ m \tag{5-86}$$

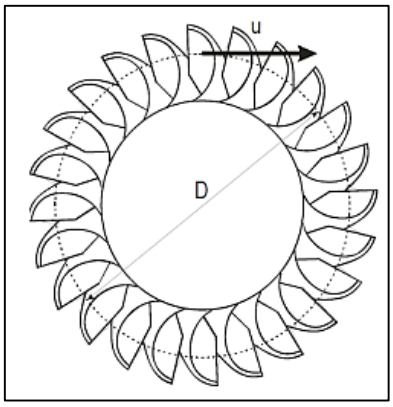


Figura 5.28. Esquema del rodete de la turbina Pelton.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Diámetro de la circunferencia que describe la punta de la arista al rotar el rodete.

$$Da = D + 2 \times do = 0.45\ m \tag{5-87}$$

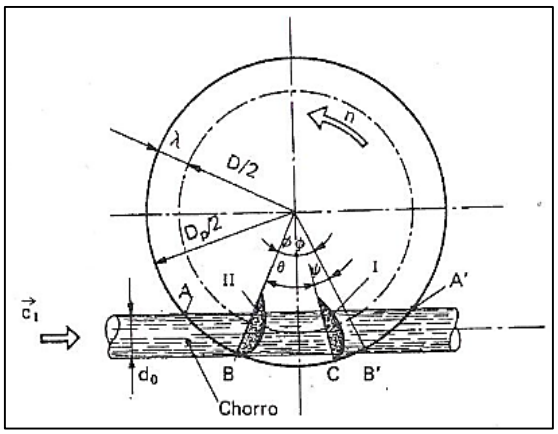


Figura 5.29. Esquema del paso de una cuchara por el rodete de la turbina Pelton.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

Relación de diámetros de chorro y rodete, δ = 0.02

Distancia entre el diámetro de paso del rodete y el diámetro máximo en la cresta de la cuchara.

$$\lambda = \frac{Da - D}{2} = 0.01 \tag{5-88}$$

Relación entre los diámetros de paso, de cresta y del chorro.

$$k = \frac{Da - D}{2 \times do} = 0.93 \tag{5-89}$$

Ángulo entre el centro del rodete y el punto máximo de salida del chorro de agua:

$$\varphi = arcos \frac{1 + \delta}{1 + 2 \times k \times \delta} = 0.18 \tag{5-90}$$

El valor del ángulo comprendido entre la arista de la cuchara y el punto máximo de salida del chorro se determina con la ecuación (5-91).

$$\psi = \frac{2Ku}{\phi} \sqrt{(1 + 2 \times k \times \delta)^2 - (1 + \delta)^2} = 0.16 \tag{5-91}$$

Paso máximo.

$$\theta = 2\varphi - \psi = 0.19 \tag{5-92}$$

Paso máximo medido en la circunferencia.

$$t = (2\varphi - \psi) \frac{D}{2} = 0.004\, m \tag{5-93}$$

Número de cucharas.

$$z = \frac{2\pi}{\theta} = 33.66\, cuchacharas \approx 34\, cucharas \tag{5-94}$$

Diseño de las cucharas.

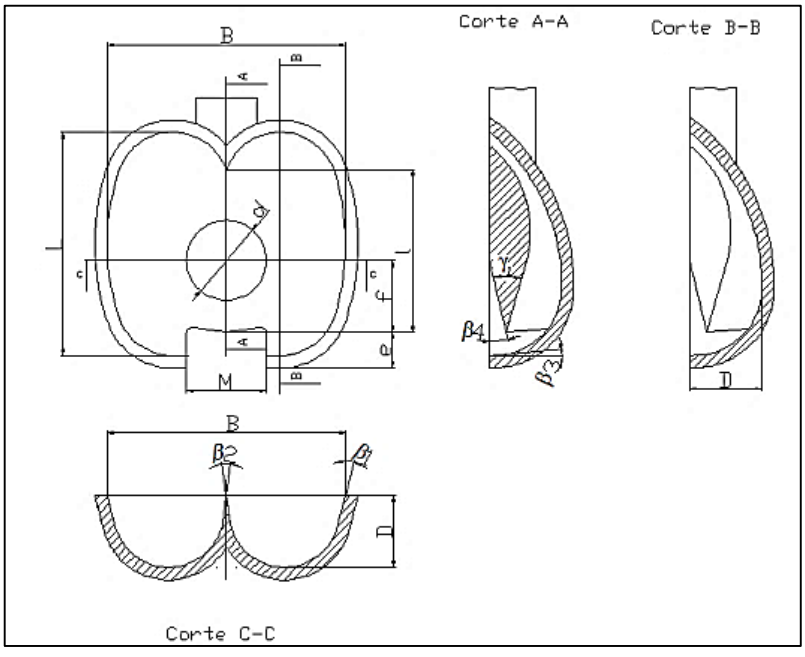


Figura 5.30. Esquema de las cucharas de una turbina Pelton.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

Dimensiones de las cucharas Pelton en función de d_o

Parámetro	Ecuación	Valor	Unidad
do	-	8.00	mm
B	3(d)	24	mm
L	2.8(d)	22.4	mm
D	0.9(d)	7.2	mm
f	0.9(d)	7.2	mm
M	1(d)	8.00	mm
e	0.45(d)	3.6	mm
β_1	15	15	grados
β_2	16	16	grados
β_3	5	5	grados
β_4	20	20	grados
l	1.6(d)	12.8	mm

Tobera de una turbina Pelton.

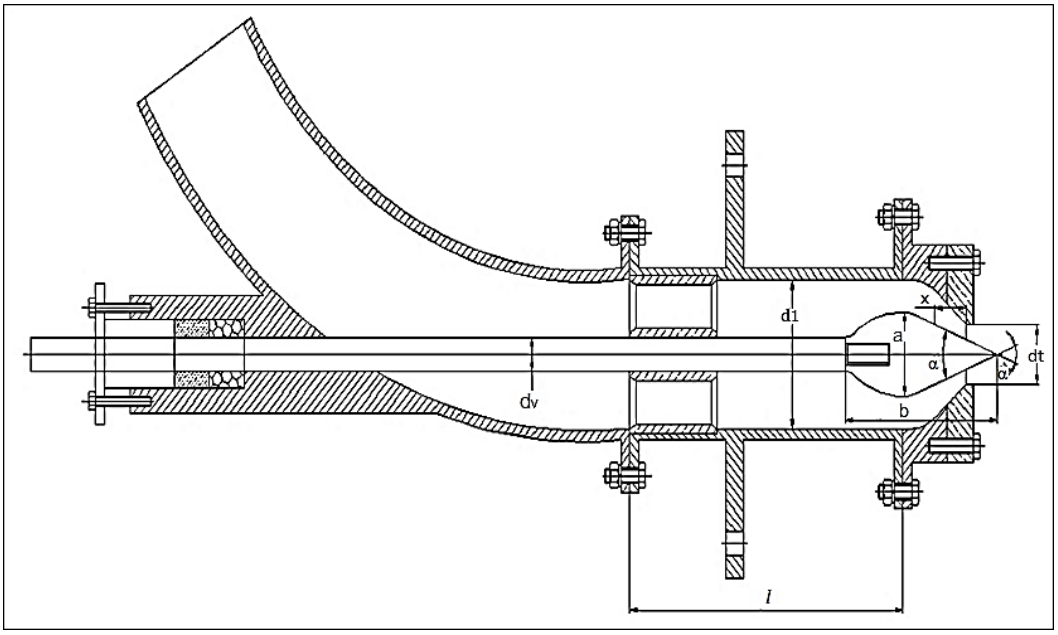


Figura 5.31. Esquema de la tobera de una turbina Pelton.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

Diámetro de salida de la tobera.

$$d' = 1.25 \times do = 10\,mm \tag{5-95}$$

Parámetro	Ecuación	Valor	Unidad
a	1.42(d')	14.2	mm
α_0	40-60	45	grados
α_1	60-90	70	grados
dt	1.1(d')	11	mm
x	0.5(d')	5.00	mm
dv	0.58(d')	5.8	mm
b	3.25(d')	32.5	mm

Parámetro	Ecuación	Valor	Unidad
d2	4.5(d')	45	mm
l	6(d')	60	mm
r	15(d')	150	mm
d1	2.5(d')	25	mm
b	1.25(d')	12.5	mm
l	d'/2	5	mm

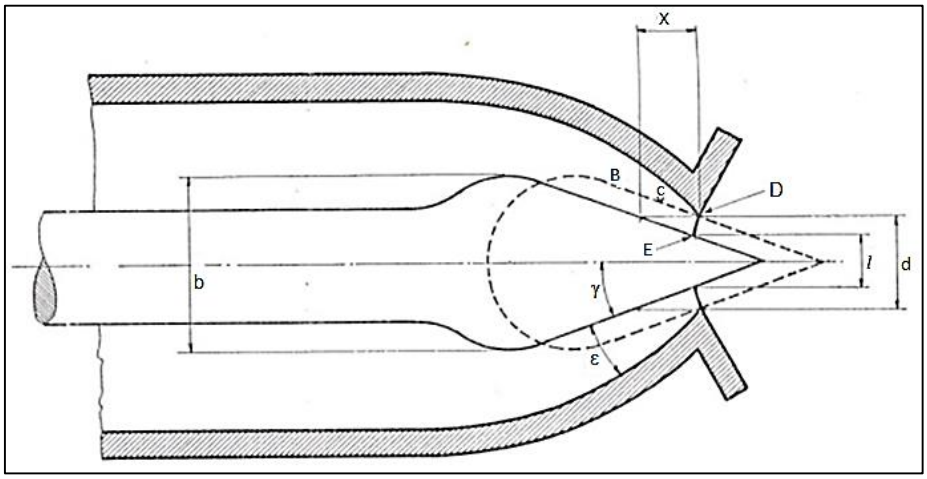


Figura 5.32. Esquema de la tobera de una turbina Pelton.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

5.11. Cruce de vía

5.11.1. Puente cantal (*diseño de la cimentación – zapata combinada*).

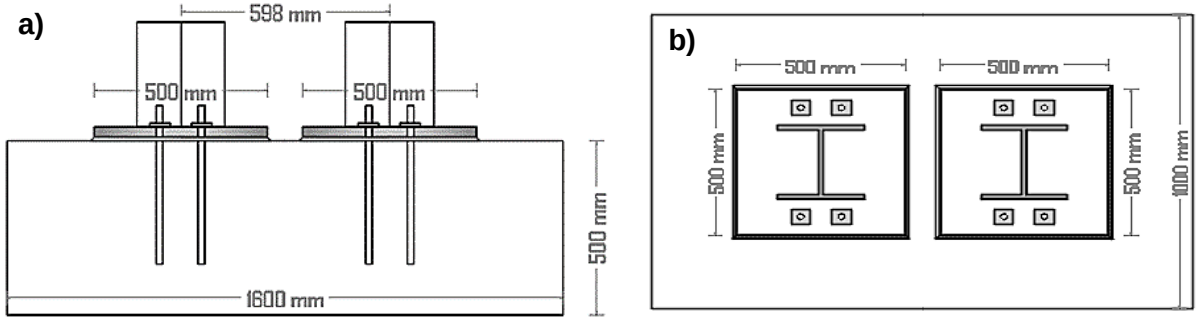


Figura 5.33. Esquema de la zapata combinada, a) vista en perfil y b) vista en planta.
Fuente: Ortiz-Flórez, 2011.
Elaboración: Los Autores, 2017

Datos iniciales		
Distancia de centro a centro de columna	0.60	m
$q_{admisible}$	1.50	Kg/cm²
Profundidad de zapata	1.00	m
Peso específico del suelo	1600	Kg/m³

Columna A		
X	0.50	m
Y	0.50	m
D	1.07	Ton
L	0.56	Ton
S	1.63	Ton
U	2.19	Ton

Columna B		
X	0.50	m
Y	0.50	m
D	1.07	Ton
L	0.56	Ton
S	1.63	Ton
U	2.19	Ton

1. Se realiza un pre diseño de las dimensiones de la zapata.

$$hz = \frac{dcentro}{5} \tag{5-96}$$

hz	0.12	m
hz	0.50	m

2. Cálculo de la presión efectiva del terreno.

PR	1600	Kg/m²
PP	1200	Kg/m²
q_{efec}	12200	Kg/m²

3. Verificación de cortante.

Centro de gravedad.

X	0.30	m
L	1.10	m
B	0.24	m
B	1.00	m
L	1.60	m

qu	2.73	Ton/m²
w	2.73	Ton/m
d	0.41	m

Va	0.68	Ton
Vb	-1.50	Ton
Vu2	0.30	Ton
Vc	0.13	Ton
Vu1	-1.68	Ton
Vu	1.68	Ton
φVc	3.77	Ton

4. Verificación del punzonamiento.

Pu2	2.19	Ton
C3	0.50	m
C4	0.50	m
Bo	3644.0	mm
φVn1	17.16	Ton
φVn2	18.18	Ton

Qu2	2.19	Ton/m²
Vu2	0.37	Ton
Ratio 1	2.17	%
Ratio 2	2.05	%

5. Armado de la zapata combinada.

Diseño a flexión de armado superior.

M1	0.09	Ton-m
Mmax	0.31	Ton-m
B	1.00	m
H	0.50	m
d	0.41	m
Rn	0.02	Kn-m/m
ρ	1.91	%o
As	783.84	mm²
As min	1370.0	mm²
As temp	900.0	mm²
As adop	1370.0	mm²
φ	20.00	mm
#Var	5.00	varillas
s	20.75	cm

Transversal

As adop	900	mm²
φtrasnv	16	mm
strasnv	20.85	cm

Diseño a flexión de armado inferior (columna derecha).

Vd	2.06	ton
Mu	0.77	Ton-m
Rn	0.05	Kn-m/m
ρ	0.12	%o
As	48.87	mm²
As min	1370.0	mm²
As temp	900.0	mm²
As adop	1370.0	mm²
φ	20.00	mm
#Var	5.00	varillas
s	20.75	cm

Transversal		
Pu	2.19	Ton
Wu	2.40	Ton/m²
Wu1	2.19	Ton/m
Mu	0.07	Ton-m
d	0.40	m
As	636.35	mm²
φ	16.00	mm
#Var	4.00	varillas
s	24.30	cm

Diseño a flexión de armado inferior (columna izquierda).

Va	0.68	ton
M1	0.09	Ton-m
Rn	0.01	Kn-m/m
ρ	0.01	%o
As	5.39	mm²
As min	1370.0	mm²
As temp	900.0	mm²
As adop	1370.0	mm²
φ	20.00	mm
#Var	5.00	varillas
s	20.75	cm

Transversal		
Pu	2.19	Ton
Wu	2.40	Ton/m²
Wu1	2.19	Ton/m
Mu	0.07	Ton-m
d	0.40	m
As	636.35	mm²
φ	16.00	mm
#Var	4.00	varillas
s	24.30	cm

5.11.2. Tubería bajo la calzada.

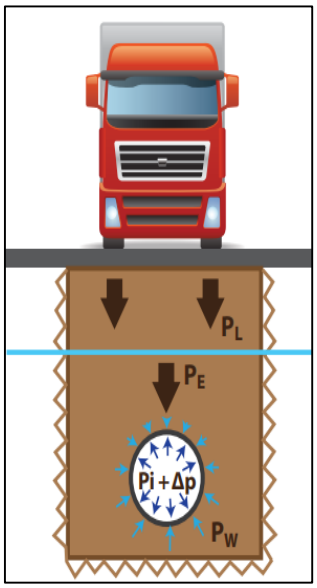


Figura 5.34. Esquema de cargas sobre la calzada.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

1. **Carga del relleno de la zanja.**

$$PE = \gamma \times T \qquad (5\text{-}97)$$

T	1.200 m
T	16.000 Kg/m^3
P_E	19.20 kPa

2. **Cargas de tránsito.**

Se asume que circulara sobre la calzada un camión AASHTO H20, el cual mediante ensayos se determinó las cargas generadas en condiciones de pavimento rígido, flexible y sin pavimento.

Tabla 5.6. Cargas generadas en pavimento rígido.

Tapada(m)	PL(Kpa)
0.450	93.130
0.600	63.650
0.750	46.900
0.900	36.180
1.050	28.810
1.200	**24.120**
1.800	13.400
2.400	8.710
3.000	5.360

Fuente: Fernández Díez, 2014.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 5.7. Cargas generadas en pavimento rígido.

Tapada(m)	PL(Kpa)
0.450	64.990
0.600	37.520
0.900	28.140
1.200	18.760
1.500	11.390
1.800	9.380
2.100	8.040
2.400	4.690

Fuente: Fernández Díez, 2014.
Elaboración: Los Autores, 2017.

3. Verificación de la deflexión anular.

Se realiza a través de la ecuación modificada de Spangler-lowa, es decir, la ecuación (5-98).

$$\frac{\Delta y}{D_m} = \frac{K(T_L \times P_E + P_L)}{(8SN + 0.061(E'))} \times 100 = \frac{0.11(1.50 \times 19.20 + 24.12)}{[(8.00 \times 8.00) + (0.06 \times 7579)]} \times 100 = 1.11\% \qquad (5\text{-}98)$$

DATOS	
E	3000 MPa
D	0.160 m
e	0.005 m
SN	8.000 KPa

Tabla 5.8. Valores del coeficiente de apoyo *K* en función al ángulo de apoyo α.

Ángulo de apoyo (α)	Coeficiente de apoyo (*K*)
0°	**0.110**
30°	0.108
45°	0.105
60°	0.102
90°	0.096
120°	0.090
180°	0.083

Fuente: Fernández Díez, 2014.
Elaboración: Los Autores, 2017.

El módulo resistente E', se estima de la combinación del módulo resistente del relleno alrededor del tubo E_E' con el módulo resistente del suelo natural a los costados de la zanja E_N'. Esta combinación se realiza a través de un coeficiente Sc, que dependerá de las relaciones E_N'/E_E' y B/OD (ancho de zanja/diámetro exterior del tubo).

Tabla 5.9. Valores del coeficiente de apoyo *K* en función al ángulo de apoyo α.

Tipo Suelo	Suelo Granular		Suelo Cohesivo		E_N‘ kPa
	Golpes SPT	Descripción	Descripción	qu (Kpa)	
A	0-1	Muy, muy suelto	Muy, muy blando	0-13	340
B	1-2	Muy suelto	Muy blando	13-25	1400
C	2-4		Blando	25-50	4800
D	4-8	Suelto	Mediano	50-100	10300
E	8-15	Poco compacto	Rígido	100-200	20700
F	15-30	Compacto	**Muy rígido**	**200-400**	**34500**
G	30-50	Denso	Duro	400-600	69000
H	>50	Muy denso	Muy duro	>600	138000

Fuente: Fernández Díez, 2014.
Elaboración: Los Autores, 2017.

El módulo de reacción del relleno E_E’ se determina mediante tablas del Bureau of Reclamation o del estudio conducido por Duncan y Hartley, de las cuales se escoge la condición del caso más desfavorable.

Tabla 5.10. Valores del coeficiente de apoyo *K* en función al ángulo de apoyo α.

Tipo Suelo	Descripción	Densidad Compactación Proctor Normal			
		Arrrojado	Leve <85%	Moderada 85-95%	Alta >95%
1	Roca partida	6890	6890	20670	20670
2	Grano grueso,<12% de finos(GW,GP,SW,SP)	1378	4823	13780	20670
3	**A.** Grano fino LL<50, >25% de grano grueso **B**. Grano grueso,>12% de finos(GM,GC,SM,SC)	1033.5	2756	6890	17225
4	Grano fino LL<50,(CL,ML,ML-CL),<25% de grano grueso	344.5	1378	2756	10335
5	Grano fino LL>40,alta plasticidad(CH,MH,CH-MH)	Uso no recomendado. Sin información disponible. Consultar a un especialista o considerar EE´=0			

Fuente: Fernández Díez, 2014.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Tabla 5.11. Valores del coeficiente de apoyo *K* en función al ángulo de apoyo α.

Tipo Suelo	Descripción	Prof. máx (m)	Densidad Compactación Proctor Normal			
			85%	90%	95%	100%
1	Suelos de grano grueso con poco o ningún material fino(SP,SW,GP,GW)	1.5	4823	6890	11024	17225
		3	6890	10335	15158	22737
		4.5	7234	11024	16536	24804
		6	7579	11713	17225	26182
2	Suelo de grano grueso con finos (SM,SC)	1.5	4134	6890	8268	13091
		3	6201	9646	12402	18603
		4.5	6890	10335	14469	22048
		6	7579	11024	16536	25493
3	Suelos de grano fino con menos de un 25% en contenido de arena	1.5	3445	4823	6890	10335
		3	4134	6890	9646	13780
		4.5	4823	8268	11024	15847
		6	5512	8957	12402	17914

Fuente: Fernández Díez, 2014.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Módulo de reacción del relleno	
Bureau of Reclamation	6890
Duncan y Hartely	6890
E_E' (Kpa)	6890

E_N'/E_E'	5.007
Ancho de zanja	0.600 m
Diámetro tubería	0.160 m
B/OD	3.750

Tabla 5.12. Valores del coeficiente de apoyo *K* en función al ángulo de apoyo α.

E_N'/E_E'	B/OD					
	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
0.10	0.15	0.30	0.60	0.80	0.90	1.00
0.20	0.30	0.45	0.70	0.85	0.92	1.00
0.40	0.50	0.60	0.80	0.90	0.95	1.00
0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	1.00	1.00
0.80	0.85	0.90	0.95	0.98	1.00	1.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	1.30	1.15	1.10	1.05	1.00	1.00
2.00	1.50	1.30	1.15	1.10	1.05	1.00
3.00	1.75	1.30	1.30	1.20	1.08	1.00
5.00	2.00	1.45	1.40	1.25	1.10	1.00

Fuente: Fernández Díez, 2014.
Elaboración: Los Autores, 2017.

$$E' = Sc \times E_E' = 6890 \times 1.10 = 7579\ KPa \quad (5\text{-}99)$$

4. Verificación del pandeo (buclinkg).

La verificación al pandeo consiste en comparar la presión externa que será capaz de resistir la tubería instalada en zanja (PCA) con la presión externa real total a la que estará sometida (PT), calculando el correspondiente coeficiente de seguridad.

***Presión admisible para tubería confinada* (PA).**

La resistencia de una tubería al pandeo es incrementada por el efecto de contención del suelo circundante. Para desarrollar esta contención, el tubo debe tener una cobertura de, al menos, 1.20 m o igual al diámetro del tubo (según cuál sea mayor).

$$PA = \sqrt{32 \times Rb \times B' \times E' \times SN} = \sqrt{32 \times 0.58 \times 0.24 \times 7579 \times 8} = 527.46\ KPa \quad (5\text{-}100)$$

DATOS	
T	1.20 m
Hw	1.50
E’	7579.00 KPa
SN	8.00 KPa
PA	527.46 KPa

$$Rb = 1 - 0.33\frac{Hw}{T} = 1 - 0.33\left(\frac{1.50}{1.20}\right) = 0.58 \quad (5\text{-}101)$$

$$B' = \frac{1}{1 + 4 \times e^{-0.065(3.28 \times T)}} = \frac{1}{1 + 4 \times e^{-0.065(3.28 \times 1.20)}} = 0.24 \quad (5\text{-}102)$$

***Presión admisible para tubería no confinada* (PA).**

Cuando la tubería se encuentra enterrada a menos de 1.20 m o un diámetro, o bien cuando la ejecución del relleno de contención resulta deficiente, existe una gran posibilidad de que la contención del suelo de relleno no se desarrolle.

$$PA = \left(\frac{24}{1 - u^2}\right) SN \times f_o = \left(\frac{24}{1 - 0.38^2}\right) 8 \times 0.92 = 206.45\ KPa \quad (5\text{-}103)$$

El factor de compensación por ovalización f_o se obtiene de la Figura 5.35, en función de la deflexión obtenida para la tubería.

Deflexión	1.11
***f*o**	**0.92**
u	0.38
SN	8.00 KPa

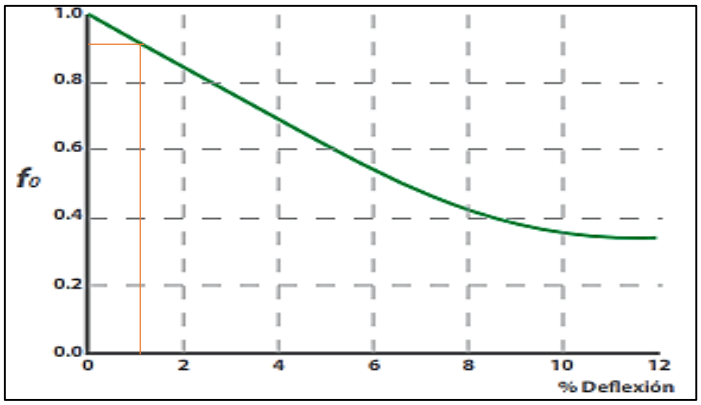


Figura 5.35. Gráfica para obtener el factor de compensación de cargas.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

Presión total a corto plazo **(PTCP).**

$$PTCP = PE + PL + (0.0098 \times \gamma w \times Hw) = 58.02\ KPa \quad (5\text{-}104)$$

Factor de seguridad a corto plazo
$Fscp = \frac{PA}{PTCP} \geq 2.00$ (5-105)
Fscp = 3.56 > 2.00 ∴ OK

Presión total a largo plazo **(PTLP).**

$$PTCP = PE + (0.0098 \times \gamma w \times Hw) = 33.90\ KPa \quad (5\text{-}106)$$

Factor de seguridad a largo plazo
$Fslp = \frac{PA}{PTLP} \geq 2.00$ (5-107)
Fscp = 6.09 > 2.00 ∴ OK

Ancho de la zanja.

El ancho de zanja no deberá ser nunca menor que el mayor de los siguientes valores:

a) $B = DE + 400\ mm = 560\ mm$ (5-108)

b) $B = 1.25(DE) + 300\ mm = 500\ mm$ (5-109)

Por lo tanto, se toma B = 600 mm

Profundidad de la zanja.

$$H = T + A + D = 1.20 + 0.10 + 0.16 = 1.46\ m \approx 1.50\ m \quad (5\text{-}110)$$

5.12. Tanque de almacenamiento

5.12.1. Reservorio principal de 300 m³ de capacidad.

5.12.1.1. Diseño estructural del reservorio apoyado.

Volumen del depósito:	**300**	**m³**

1. Pre-diseño

a) Cálculo de la altura total del depósito (H).

Dimensiones recomendadas		
Volumen (m³)	**Altura (m)**	**Borde libre (m)**
10-60	2.2	0.60
60-150	2.5	0.80
150-500	2.5-3.5	0.80
600-1000	máx 6.50	0.80
> 1000	máx 10.00	1.00

Hl	3.50 m
a	0.80 m
Hw	4.30 m
Ht	4.65 m

b) Cálculo del diámetro del depósito (d).

D	10.45 m
D	10.50 m

c) Cálculo de la flecha (Fc).

$$Fc = \frac{D}{10} = 1.05\ m \approx 1.10\ m \qquad (5\text{-}111)$$

d) Cálculo del espesor de las paredes (We).

1. Según el ACI 350-06, sección 14.5.3 y 14-6, las dimensiones para un muro portante se toman de acuerdo a la ecuación (5-112) y para muro no portante la ecuación (5-113).

$$t = máx\left(\frac{h_n}{25}; 20\right) cm \qquad (5\text{-}112)$$

$$t = máx\left(\frac{h_n}{30}; 15\right) cm \qquad (5\text{-}113)$$

El espesor mínimo de muros convencionales reforzados colocados in-situ que están en contacto con líquidos y tienen una altura menor a 3.00 m debe ser de 30 cm (ACI 350-06/14.6.2).

Para muros portantes:

Máx	t	18.60 cm	
	t	20.00 cm	
	We	20.00 cm	

2. Considerando una junta libre de movimiento entre la pared y el fondo, se tiene que sólo en la pared se producen esfuerzos de tracción. La tracción máxima se determina mediante la ecuación (5-114).

$$T = \frac{1000 \times h \times Dh \times di}{2} \quad (5\text{-}114)$$

Dh	1.00 m
T	18375.00 kg
H	4.30 m
T max	22575.00 kg

Se despeja We, de la ecuación (5-115) que sirve para determinar la fuerza de tracción admisible del concreto.

$$Tc = 0.10 \times f'c \times We \quad (5\text{-}115)$$

We	10.75 cm

3. Según Company, se utiliza la ecuación (5-116).

$$We = \left(7 + \frac{2 \times Hl}{100}\right) = 14.00\ cm \quad (5\text{-}116)$$

El máximo valor de We es 20.00 cm, por lo tanto, se adopta 30.00 cm.

a) Cálculo del diámetro exterior (De).

$$De = D + 2 \times We = 1.10\ m \quad (5\text{-}117)$$

b) Cálculo del espesor de la cúpula (Ce).

Se calcularán 3 valores del espesor, teniendo en cuenta el esfuerzo a la compresión y el esfuerzo cortante del concreto. Para ello primero será necesario calcular los esfuerzos de compresión y tracción originados por el peso y la forma de la cúpula (Fc y Ft), tal como se indica en la Figura 5.36 y Figura 5.37.

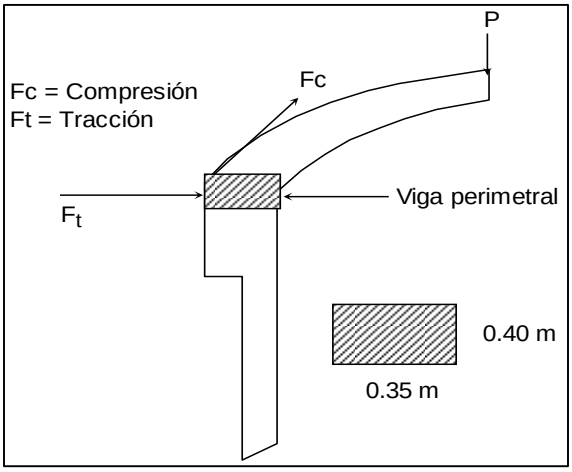


Figura 5.36. Esquema de las fuerzas actuantes en la cúpula.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

$$F_t = \frac{P}{2 \times p \times tan\, a} \tag{5-118}$$

$$F_c = F_t + P \tag{5-119}$$

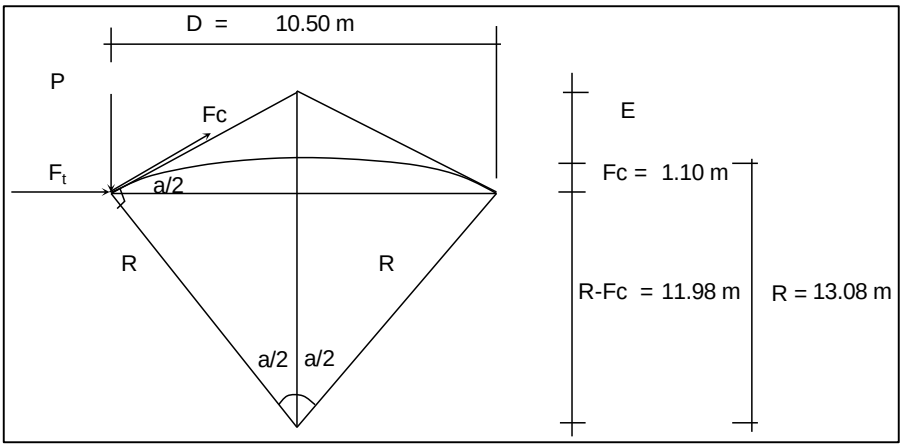


Figura 5.37. Esquema de los componentes de las fuerzas actuantes en la cúpula.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

$$(R - Fc)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2 = R^2 \tag{5-120}$$

$$tan\left(\frac{a}{2}\right) = \frac{\frac{D}{2}}{R - Fc} \tag{5-121}$$

R	13.08 m.
a	47.33 º
a/2	23.67 º

Metrado de cargas.

1. Peso propio =	240.00 Kg/m²
2. Sobrecarga =	100.00 Kg/m²
3. Acabados =	100.00 Kg/m²
TOTAL	440.00 Kg/m²

Área de la cúpula.

$$A = 2 \times \pi \times R \times Fc = 90.39\, m^2 \tag{5-122}$$

Peso de la cúpula, P = 39772.25 Kg

Ft	90744.43 Kg
Fc	99077.66 Kg

Desarrollo de la línea de arranque (longitud de la circunferencia descrita)

$$Lc = \pi \times D = 32.99\, m \tag{5-123}$$

La presión por metro lineal de la circunferencia de arranque es Fc/Lc = 3003.56 Kg/m.

Primer espesor.

$$Ce = \frac{Fc}{Lc} = 0.32\ cm \tag{5-124}$$

Esfuerzo cortante por metro lineal en el zuncho (viga perimetral).

$$\frac{V}{m} = \frac{P}{Lc} = 1205.70\ Kg/m \tag{5-125}$$

$$Vu = 0.85 \times 0.53 \times (f'c)^{0.5} \times b \times Ce \tag{5-126}$$

Segundo espesor

$$Ce = \frac{P}{Lc} = 1.85\ cm \tag{5-127}$$

Tercer espesor

El espesor mínimo para un techo de esta forma se describe mediante la ecuación (5-128) del ACI 350-06.

$$Ce = r_d \times \sqrt{\frac{1.5 \times P_u}{\phi B_i B_c E_c}\,(in)} \tag{5-128}$$

$$B_c = \begin{cases} 0.44 + 0.003L, & para 12\frac{lb}{ft^2} \leq L \leq 30\frac{lb}{ft^2} \\ 0{,}53 & para\ L \geq 30\frac{lb}{ft^2} \end{cases} \tag{5-129}$$

Rd	13.08 m
Pu	646.00 kg/m²
L	100.00 kg/m²
Ec	2483.50 Mpa
Bc	0.50
Ce	2.05 cm

2. Datos generales.

a) Geometría.

Datos	
Vol	300.00 m³
D	10.50 m
Hl	3.50 m
He	1.00 m
Hw	4.30 m
Fc	1.10 m
Ce	0.10 m

Datos	
We	0.30 m
hz	0.35 m
v	1.00 m
Ensanchamiento	1.00 m

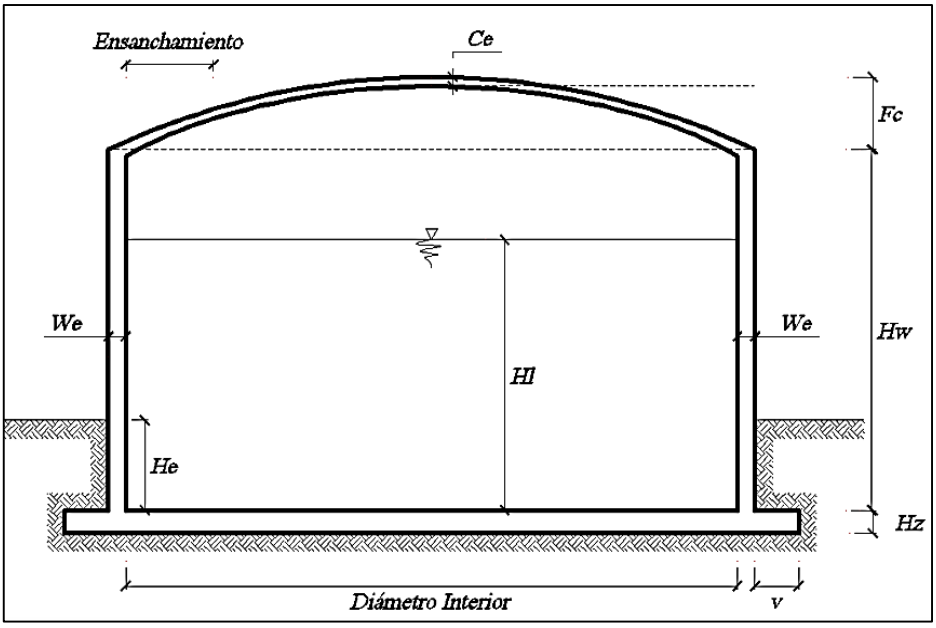


Figura 5.38. Esquema del reservorio.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

b) Materiales

Resistencia del concreto	f'c	210.00 Kg/cm²
Módulo de elasticidad del concreto	Ec	218819.79 Kg/cm²
Peso específico del concreto	Ɣconcreto	2.400 Tn/m³
Límite de fluencia del acero	Fy	4200.00 Kg/cm²
Módulo de elasticidad del acero	Es	2100000.00 Kg/cm²
Esfuerzo admisible del suelo	σadm	4.72 Kg/cm²

c) Normativa utilizada.

1. Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350M-01) And Commentary (ACI350RM-01), Reported by ACI Committee 350.

2. Norma ecuatoriana de la construcción NEC-15.

3. Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures (ACI 350.3-01) and Commentary (350.3R-01), Reported by ACI Committee 350.

4. Design Considerations for Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350.4R-04), Reported by ACI Committee 350.

5. Concrete Structures for Containment of Hazardous Materials (ACI 350.2R-04), Reported by ACI Committee 350.

6. Tightness Testing of Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350.1-01) and Commentary (350.1R01). Reported by ACI Committee 350.
7. Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350.R-89), Reported by ACI Committee 350.
8. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-08) and Commentary, Reported by ACI Committee 318.

3. Análisis según Metodología del ACI 350.3-01, Apéndice A.

a) Análisis sísmico estático.

1. Peso del tanque.

Losa del techo	21.694 Tn
Viga perimetral	11.717 Tn
Muros	105.045 Tn

$$\xi = 0.0151 \times \left(\frac{D}{HL}\right)^2 - 0.1908 \times \left(\frac{D}{HL}\right) + 1.021 \leq 1.0 \quad (5\text{-}130)$$

$$W_e = \varepsilon \times W_w + W_r \quad (5\text{-}131)$$

Peso del muro (Ww) + Peso de la cúpula (Wr)	150285.18 Kg
Peso del muro (Ww)	116761.69 Kg
Peso de la cúpula (Wr)	21693.95 Kg
Peso por carga viva en la cúpula	11829.53 Kg
Diámetro interior (D)	10.50 m
Altura efectiva del líquido (Hl)	3.50 m
Coeficiente de masa efectiva (ξ) (por peso propio)	0.5845
Masa efectiva (We) (por peso propio)	101770.69 Kg

2. Cálculo de la masa efectiva del líquido almacenado, componente impulsiva (wi) y componente convectiva (Wc), ACI 350.3-01 sección 9.3.1.

$$\frac{W_t}{W_L} = \frac{tanh\left(0.866\left(\frac{D}{H_L}\right)\right)}{0.866\left(\frac{D}{H_L}\right)} \quad (5\text{-}132)$$

$$\frac{W_C}{W_L} = 0.230\left(\frac{D}{H_L}\right) \times tan\, h\left(3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right) \quad (5\text{-}133)$$

Masa total del líquido almacenado (Wl)	303065.52 Kg
D/Hl	3.000
Wi/Wl	0.381
Wc/Wl	0.581
Peso equivalente de la componente impulsiva Wi	115368.30 Kg
Peso equivalente de la componente convectiva Wc	175993.39 Kg

3. Cálculo de la frecuencia de vibración natural combinada (Wi) de la estructura y el componente impulsivo del líquido almacenado, ACI 350.3-01 sección 9.3.4.

$$\omega_i = C_i \times \frac{12}{H_L}\sqrt{\frac{E_c}{P_c}} \tag{5-134}$$

$$\left[\omega_i = C_i \times \frac{1}{H_L}\sqrt{\frac{10^3 E_c}{P_c}} in\ the\ SI\ system\right] \tag{5-135}$$

$$C_i = C_w \times 10\sqrt{\frac{t_w}{12R}} \tag{5-136}$$

$$\left[C_i = C_w \times \sqrt{\frac{t_w}{10R}}\ in\ the\ SI\ system\right] \tag{5-137}$$

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} \tag{5-138}$$

$$C_w = 9.375 \times 10^{-2} + 0.2039\left(\frac{H_L}{D}\right) - 0.1034\left(\frac{H_L}{D}\right)^2 - 0.1253\left(\frac{H_L}{D}\right)^3 + 0.1267\left(\frac{H_L}{D}\right)^4 - 3.186 \times 10^{-2}\left(\frac{H_L}{D}\right)^5 \tag{5-139}$$

Hl/D	0.33
Coef. Para determinar frecuencia fund. Tanque-líquido (Cw)	0.15
Espesor del muro (We)	0.30 m
Radio circular interno R	5.25 m
Coeficiente para determinar frecuencia fund. Tanque-líquido (Cl)	0.35
Resistencia a compresión del concreto (f´c)	210 Kg/cm²
Módulo de elasticidad del concreto Ec	21466 Kg/cm²
Densidad del concreto Pc	2.40 Tn/m³
Frecuencia circular del modo de vibración impulsivo (wi)	300.30 rad/s
Periodo fund. de oscilación del tanque+comp. impulsivo (Ti)	0.02 s

4. Cálculo de la frecuencia de vibración de la componente convectiva (Wc) según ACI 350.3-01 sección 9.3.4.

$$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{D}} \tag{5-140}$$

$$\lambda = \sqrt{3.68 \times g \times tan\, h\left(3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right)} \tag{5-141}$$

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_C} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)\sqrt{D} \quad (5\text{-}142)$$

Aceleración debido a la gravedad (g)	9.81 m/s²
λ	9.98
Frecuencia circular de vibración del primer modo convectivo (Wc)	3.08 rad/s
Periodo natural del primer modo convectivo (Tc)	2.04 s

5. Parámetros para el cálculo de la fuerza sísmica, según ACI 35.3-01 sección 4.2 y NEC-15.

$$C_i = \frac{2.75}{S} \quad (5\text{-}143)$$

$$C_c = \frac{6.0}{T_c^2} \quad (5\text{-}144)$$

Coeficiente representativo de las características del suelo S	1.4000
Factor de amplificación espectral para el movimiento horizontal Ci	1.9643
Factor de amplificación espectral para el movimiento horizontal Cc	1.1658

Cálculo del desplazamiento máximo del líquido contenido (dmax), según ACI 350.3-01 sección 7.1.

$$d_{max} = \left(\frac{D}{2}\right)(Z \times S \times I \times C_c) \quad (5\text{-}145)$$

Factor de Zona Z	0.25
Factor de importancia I	1.50
Desplazamiento máximo vertical del líquido contenido dmax	3.21 m

Cálculo de las alturas al centro de gravedad de la ubicación de las componentes impulsivas y convectivas, según ACI 350.3-01 sección 9.3.2.

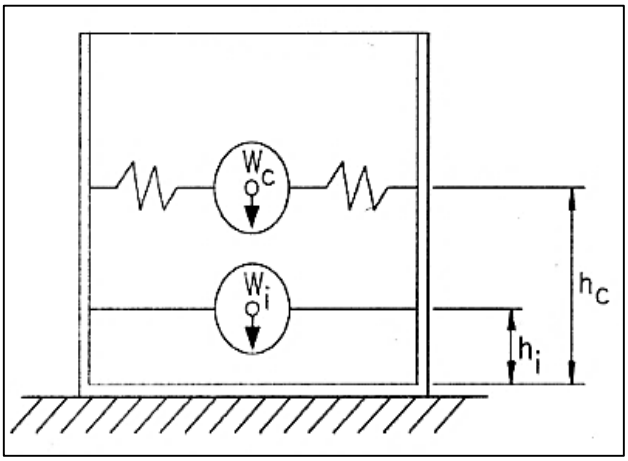


Figura 5.39. Esquema del modelo dinámico de un depósito.
Fuente: ACI 305, 2006.
Elaboración: Los Autores, 2017

- Para tanques donde $D/H_L < 1.33$, se toma la ecuación (5-146).

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.5 - 0.09375\left(\frac{D}{H_L}\right) \quad (5\text{-}146)$$

- Para tanques donde $L/H_L \geq 1.33$, se toma la ecuación (5-147).

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.375 \quad (5\text{-}147)$$

$$\frac{h_c}{H_L} = 1 - \frac{cosh\left[3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right] - 1}{3.68\left(\frac{H_L}{D}\right) \times sinh\left[3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right]} \quad (5\text{-}148)$$

hi/Hl	0.38
hc/Hl	0.55
Altura al centro de gravedad de la comp. impulsiva hi	1.31 m
Altura al centro de gravedad de la comp. convectiva hc	1.94 m

$$P_w = ZSIC_i \times \frac{\varepsilon W_w}{R_{wi}} \quad (5\text{-}149)$$

$$P_w' = ZSIC_i \times \frac{\varepsilon W_w{}'}{R_{wi}} \quad (5\text{-}150)$$

$$P_r = ZSIC_i \times \frac{W_r}{R_{wi}} \quad (5\text{-}151)$$

$$P_i = ZSIC_i \times \frac{W_i}{R_{wi}} \quad (5\text{-}152)$$

$$P_c = ZSIC_c \times \frac{W_c}{R_{Wc}} \quad (5\text{-}153)$$

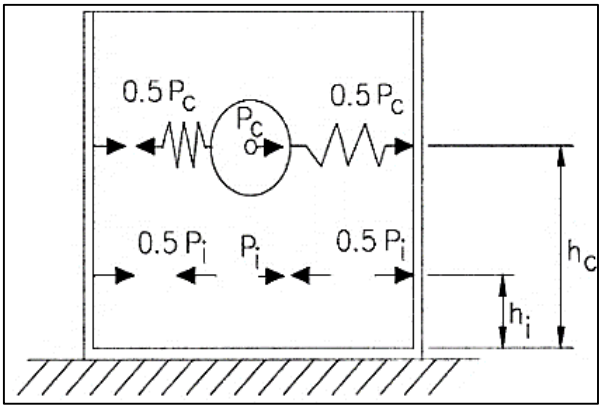


Figura 5.40. Esquema del modelo dinámico de las fuerzas horizontales.
Fuente: ACI 305, 2006.
Elaboración: Los Autores, 2017

Factor de zona Z	0.25
Factor de importancia I	1.50
Coeficiente representativo de las características del suelo S	1.40
Coef. De modificación de respuesta fuerzas impulsivas Rwi	**2.75**
Coef. De modificación de respuesta fuerzas convectivas Rwc	**1.00**
Peso efectivo del muro del tanque εWw	68247.21 Kg
Peso de la cúpula tanque Wr	33523.49 Kg
Peso equivalente de la componente impulsiva Wi	115368.30 Kg
Peso equivalente de la componente convectiva Wc	175993.39 Kg
Factor de ampliación espectral para el movimiento horizontal Ci	1.96
Factor de ampliación espectral para el movimiento horizontal Cc	1.17
Fuerza inercial lateral por aceleración del muro Pw	25592.70 Kg
Fuerza inercial lateral por aceleración de la cúpula Pr	12571.31 Kg
Fuerza lateral impulsiva Pi	43263.11 Kg
Fuerza lateral convectiva Pc	107711.84 Kg

b) *Análisis dinámico espectral horizontal.*

Parámetros iniciales y formulación de espectros inelásticos. Se tomarán los valores siguientes especificados en el *análisis estático*.

Factor de zona Z	0.25
Factor de importancia I	1.50
Coeficiente representativo de las características del suelo S	1.40
Coef. De modificación de respuesta fuerzas impulsivas Rwi	2.75
Coef. De modificación de respuesta fuerzas convectivas Rwc	1.00
Factor de ampliación espectral para el movimiento horizontal Ci	1.96
Factor de ampliación espectral para el movimiento horizontal Cc	1.17

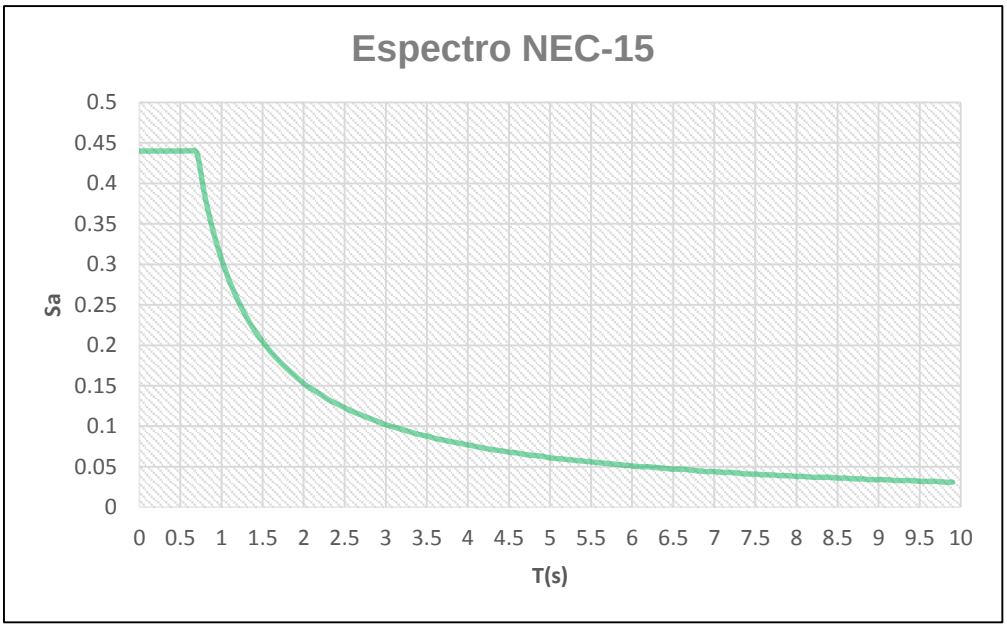


Figura 5.41. Espectro de diseño para el depósito.
Fuente: ACI 305, 2006.
Elaboración: Los Autores, 2017

1. Modelamiento de la masa impusliva y convectiva en SAP2000.

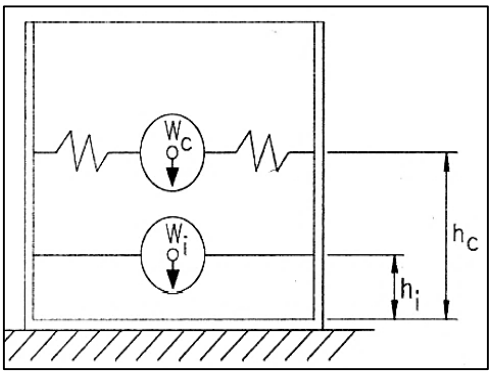


Figura 5.42. Esquema dinámico de un depósito.
Fuente: ACI 305, 2006.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Se elabora un modelo tridimensional en el cual se asignará una masa impulsiva de 11.76 Tn·s²/m a una altura hi de 1.31 m

$$K = 45 \times \left(\frac{Wc}{WL}\right)^2 \times \left(\frac{HL}{D}\right)^2 \times \left(0.5 \times \frac{WL}{HL}\right) = 73.001\ Tn/m \tag{5-154}$$

2. Empuje dinámico del suelo.

$$P_E = ma = \frac{W}{g}a = W\frac{a_{max}}{g} = k_h W \tag{5-155}$$

$$P_A = \frac{\gamma H^2}{2} K_A \tag{5-156}$$

$$P_{AE} = P_A + P_E = 1/2 k_{AE} H^2 \gamma_t \tag{5-157}$$

$$K_{AE} = \frac{cos^2(\phi - \theta - \psi)}{cos\,\psi cos^2\theta\, cos(\delta + \theta + \psi)\left[1 + \sqrt{\frac{sin(\delta + \phi)\, sin(\phi - \beta - \psi)}{cos(\delta + \theta + \psi)\, cos(\beta - \theta)}}\right]^2} \tag{5-158}$$

$$\psi = tan^{-1} k_h = tan^{-1}\frac{a_{max}}{g} \tag{5-159}$$

Peso específico del suelo γ	1672.59 Kg/m³
Profundidad a la que está enterrado el reservorio he	1.00 m
Inclinación del muro θ	0.00º
Ángulo de fricción del suelo φ	7.00º
Ángulo de fricción entre el muro y el suelo δ	12.50º
Pendiente de inclinación del suelo β	0.00º
a max	0.25 g
ψ	14.04º
Kae	0.78

4. Diseño de las paredes del reservorio.

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS	
Desplazamientos en dirección del análisis	0.0146 cm
Altura donde se ubica el punto	4.30 m
Deriva	3.395E-05
Deriva máxima	0.007

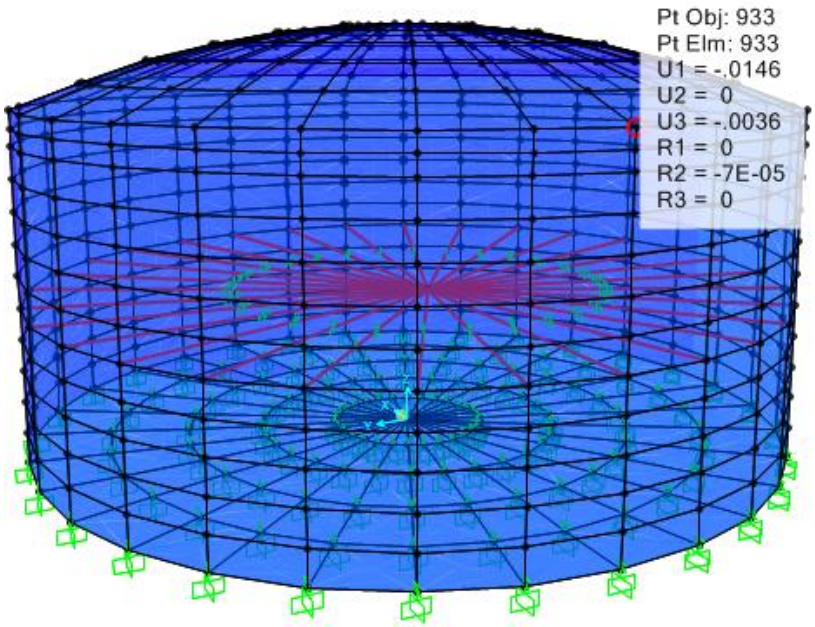


Figura 5.43. Diagrama de desplazamientos en el depósito.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

a) Diseño de la cúpula del reservorio.

La resistencia de diseño será igual a 0.40 f'c.

La cuantía mínima de acero es 0.0035

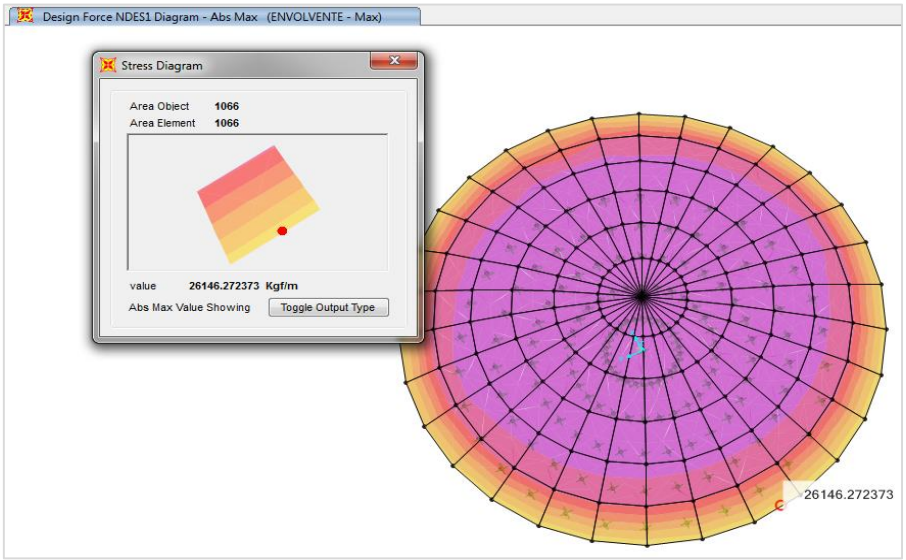


Figura 5.44. Diagrama de fuerzas en la cúpula.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

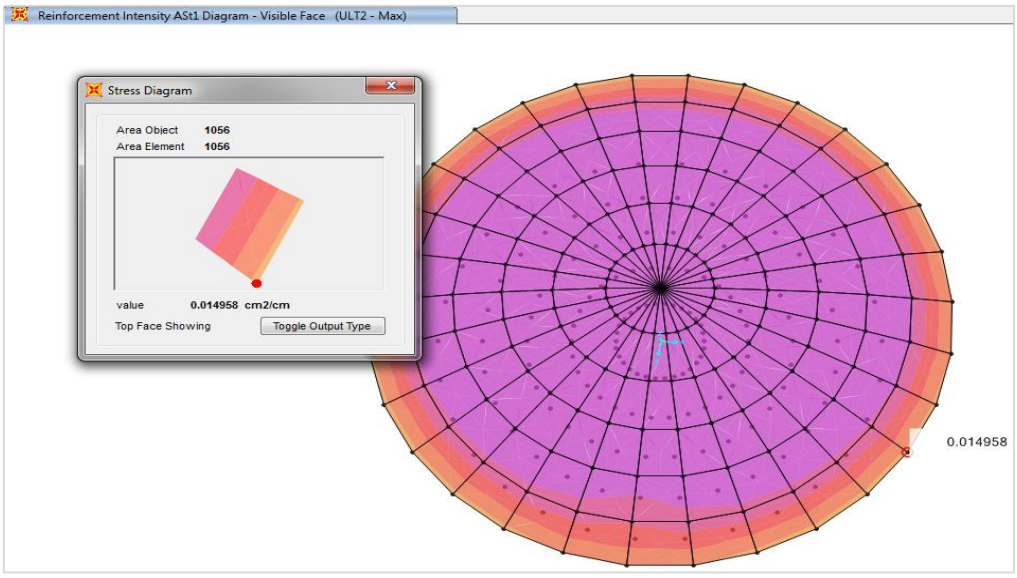


Figura 5.45. Diagrama del acero de refuerzo.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

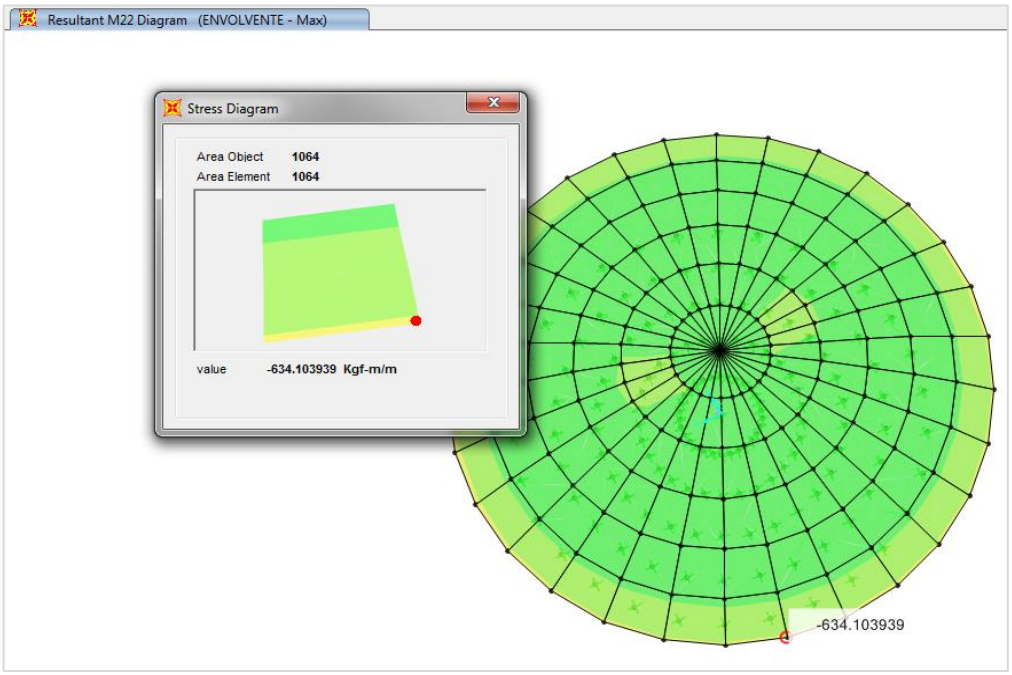


Figura 5.46. Diagrama de momentos generados en la cúpula.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

DISEÑO DE LA CÚPULA	
Fluencia del acero	4200 Kg/cm²
Resistencia a la compresión del concreto f'c	210 Kg/cm²
Módulo de elasticidad del concreto Ec	218820 Kg/cm²
Espesor de la cúpula	0.10 m
Espesor promedio de la cúpula en zona de ensanchamiento	0.15 m
Resistencia a compresión de diseño del concreto f'dc	84 Kg/cm²
Cuantía mínima	0.0035
Factor de reducción a tracción	0.90

Refuerzo circular (acciones membrana)	
Longitud del elemento a evaluar	1.00 m
Fuerza de tracción circular NDes1	26146.00 Kg
Área de acero requerida	1.50 cm²
Área de acero mínima requerida	3.50 cm²
Área de acero usada	3.50 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm
Separación de barras	32.31 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 12 mm @ 30 cm	
Momento (circular)	634.10 Kg-m
Peralte efectivo	6.40 cm
a	0.65 cm
Área de acero necesaria	2.76 cm²
Cuantía necesaria p	0.00431
Área de acero mínima requerida	3.50 cm²
Área de acero usada	3.50 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	32.31 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 12 mm @ 30 cm	
Refuerzo radial (acciones membrana)	
Longitud del elemento a evaluar	1.000 m
Fuerza de tracción radial NDes2	26146.00 Kg
Área de acero requerida	1.100 cm²
Área de acero mínima requerida	3.50 cm²
Área de acero usada	3.50 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	32.31 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 12 mm @ 30 cm	
Momento (circular)	634.10 Kg-m
Peralte efectivo	6.40 cm
a	0.65 cm
Área de acero necesaria	2.76 cm²
Cuantía necesaria p	0.00431
Área de acero mínima requerida	3.50 cm²
Área de acero usada	3.50 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	32.31 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 12 mm @ 30 cm	

Verificación de cortante	
$V_{máx}$ tangencial	0.81 Tn/m
$V_{máx}$ radial	0.81 Tn/m
ΦVc	4.20 Tn/m

b) *Diseño de las paredes del reservorio.*

DISEÑO DEL MURO	
Fluencia del acero	4200 Kg/cm²
Resistencia a la compresión del concreto f´c	210 Kg/cm²
Módulo de elasticidad del concreto Ec	218820 Kg/cm²
Espesor de pared	0.30 m
Cuantía mínima horizontal	0.002
Factor de reducción a tracción	0.900
Cuantía mínima vertical	0.0015

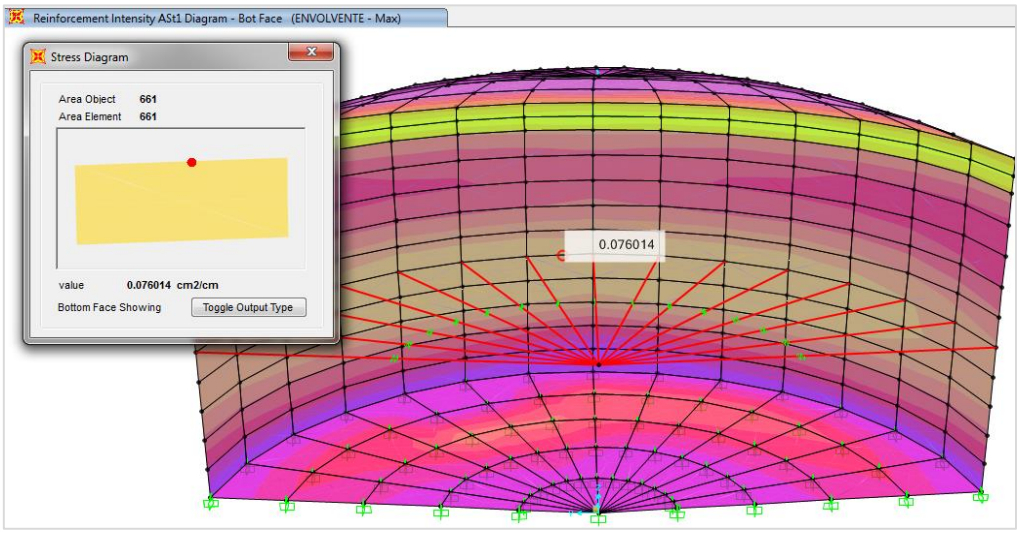


Figura 5.47. Diagrama del acero de refuerzo longitudinal en el muro, cara interior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

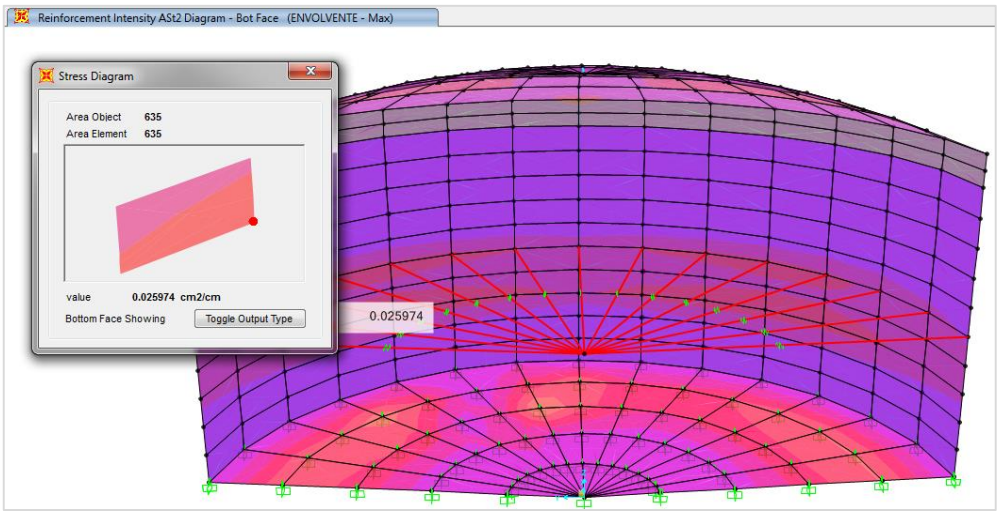


Figura 5.48. Diagrama del acero de refuerzo transversal en el muro, cara interior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

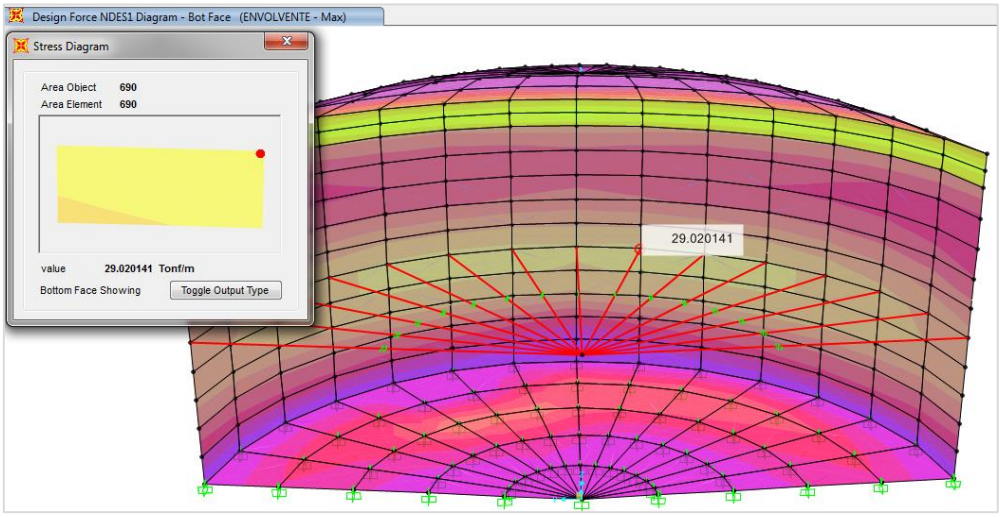


Figura 5.49. Diagrama de fuerza cortante en el muro, cara interior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Refuerzo circular (horizontal) interior	
Longitud del elemento a evaluar	1.00 m
Fuerza de tracción circular NDes1	29020.00 Kg
Área de acero requerida	7.60 cm²
Área de acero mínima requerida	6.00 cm²
Área de acero usada	7.60 cm²
Diámetro de la barra	16 mm
Área de la barra	2.011 cm²
Separación de barras	26.46 cm
Separación máxima	25.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 25 cm	
Momento (circular)	2774.00 Kg-m
Peralte efectivo	26.20 cm
a	0.67 cm
Área de acero necesaria	2.84 cm²
Cuantía necesaria p	0.00108
Área de acero mínima requerida	6.00 cm²
Área de acero usada	6.00 cm²
Diámetro de la barra	16 mm
Área de la barra	2.01 cm²
Separación de barras	33.51 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 30 cm	

Refuerzo tangencial (vertical) interior	
Longitud del elemento a evaluar	1.00 m
Fuerza de tracción circular NDes1	10531.00 Kg
Área de acero requerida	2.590 cm²
Área de acero mínima requerida	4.50 cm²
Área de acero usada	4.50 cm²

Diámetro de la barra	16 mm
Área de la barra	2.01 cm²
Separación de barras	44.68 cm
Separación máxima	40.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 40 cm	
Momento (circular)	2774.00 Kg-m
Peralte efectivo	26.20 cm
a	0.67 cm
Área de acero necesaria	2.84 cm²
Cuantía necesaria p	0.00108
Área de acero mínima requerida	4.50 cm²
Área de acero usada	4.50 cm²
Diámetro de la barra	16 mm
Área de la barra	2.01 cm²
Separación de barras	44.68 cm
Separación máxima	40.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 40 cm	

Verificación de cortante	
$V_{máx}$ tangencial	4.42 Tn/m
$V_{máx}$ radial	4.42 Tn/m
ΦVc	17.20 Tn/m

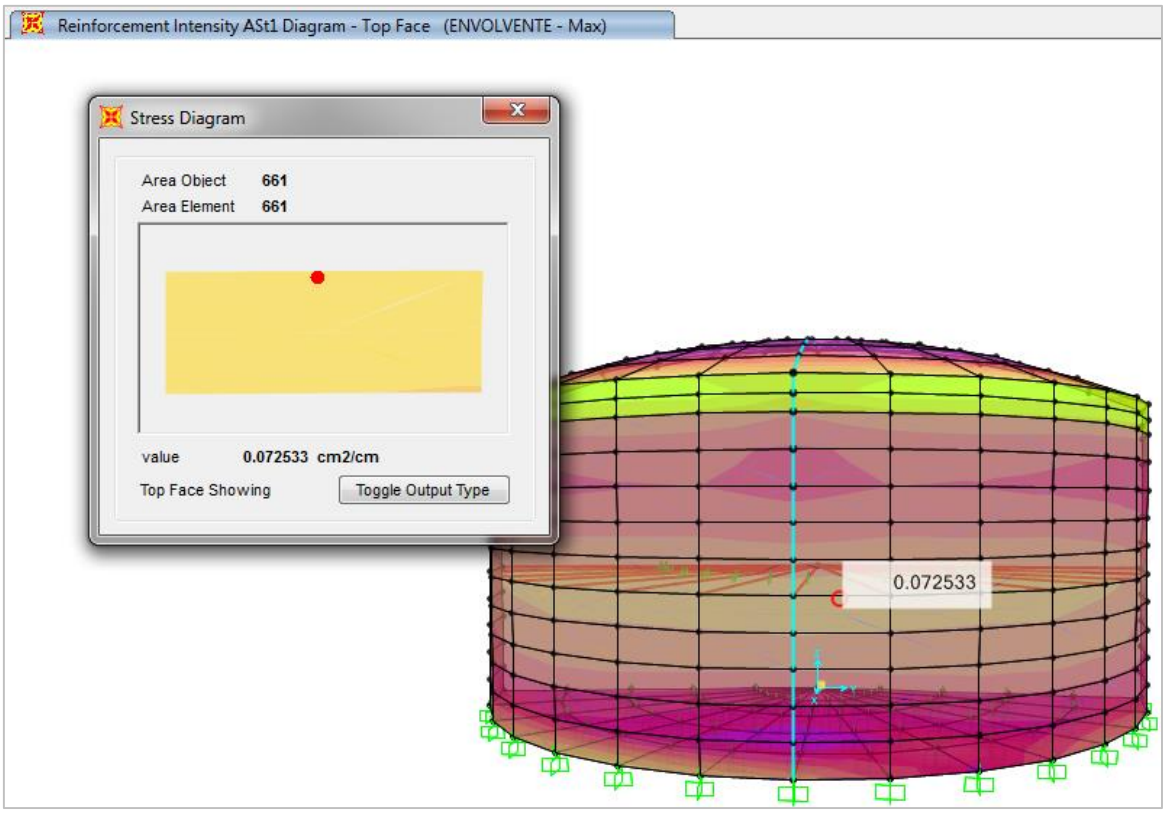


Figura 5.50. Diagrama del acero de refuerzo longitudinal en el muro, cara exterior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

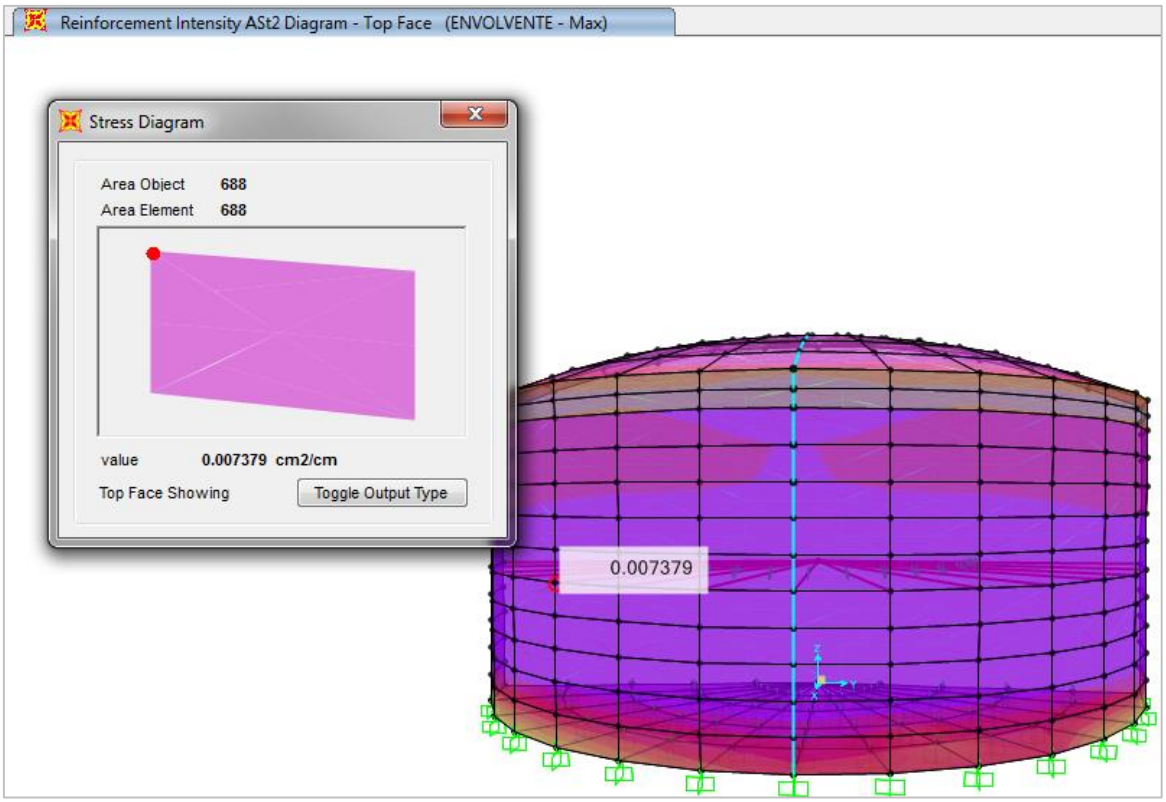


Figura 5.51. Diagrama del acero de refuerzo en el muro, cara exterior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

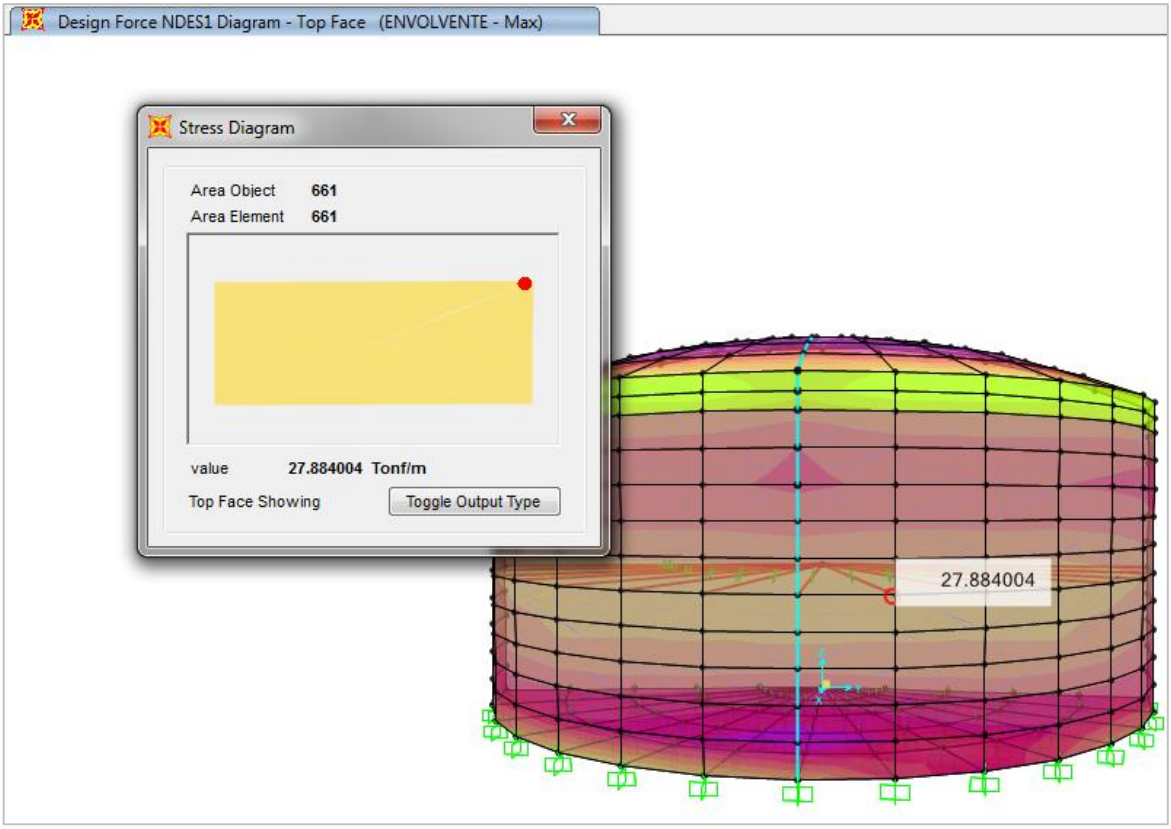


Figura 5.52. Diagrama del acero de fuerza cortante en el muro, cara exterior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Refuerzo circular (horizontal)EXTERIOR	
Longitud del elemento a evaluar	1.00 m
Fuerza de tracción circular NDes1	27884.00 Kg
Área de acero requerida	7.30 cm²
Área de acero mínima requerida	6.00 cm²
Área de acero usada	7.30 cm²
Diámetro de la barra	16 mm
Área de la barra	2.01 cm²
Separación de barras	27.54 cm
Separación máxima	25.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 25 cm	
Momento (circular)	2750.00 Kg-m
Peralte efectivo	26.20 cm
a	0.66 cm
Área de acero necesaria	2.81 cm²
Cuantía necesaria p	0.00107
Área de acero mínima requerida	6.00 cm²
Área de acero usada	6.00 cm²
Diámetro de la barra	14 mm
Área de la barra	1.54 cm²
Separación de barras	25.66 cm
Separación máxima	25.00 cm
Se colocará 1 φ de 14 mm @ 25 cm	

Verificación de cortante	
$V_{máx}$ tangencial	4.41 Tn/m
$V_{máx}$ radial	4.41 Tn/m
ΦVc	17.20 Tn/m

Refuerzo tangencial (vertical) EXTERIOR	
Longitud del elemento a evaluar	1.00 m
Fuerza de tracción circular NDes2	2578.00 Kg
Área de acero requerida	0.73 cm²
Área de acero mínima requerida	4.50 cm²
Área de acero usada	4.50 cm²
Diámetro de la barra	16 mm
Área de la barra	2.01 cm²
Separación de barras	44.68 cm
Separación máxima	40.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 40 cm	
Momento (circular)	2750.00 Kg-m
Peralte efectivo	26.20 cm
a	0.66 cm
Área de acero necesaria	2.81 cm²
Cuantía necesaria p	0.00107
Área de acero mínima requerida	4.50 cm²
Área de acero usada	4.50 cm²

Diámetro de la barra	16 mm
Área de la barra	2.01 cm²
Separación de barras	44.68 cm
Separación máxima	40.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 40 cm	

c) *Diseño de la losa del reservorio.*

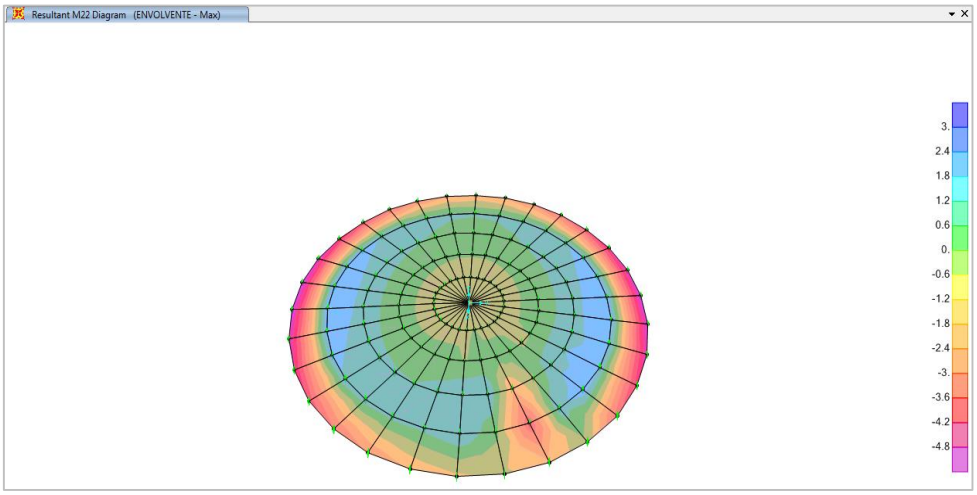


Figura 5.53. Diagrama de momentos en la losa de cimentación.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Refuerzo inferior	
Momento	2.88 Tn·m
Longitud del elemento a evaluar	100.00 cm
Peralte efectivo	32.50 cm
a	0.56 cm
Área de acero necesaria	2.36 cm²
Área de acero mínima requerida	6.50 cm²
Área de acero usada	6.50 cm²
Diámetro de la barra	14 mm
Área de la barra	1.54 cm²
Separación de barras	23.68 cm
Separación máxima	20.00 cm
Se colocará 1 φ de 14 mm @ 20 cm	

Refuerzo superior	
Momento	- 8.10 Tn·m
Longitud del elemento a evaluar	100.00 cm
Peralte efectivo	32.50 cm
a	1.59 cm
Área de acero necesaria	6.76 cm²
Área de acero mínima requerida	6.50 cm²
Área de acero usada	6.76 cm²
Diámetro de la barra	14 mm
Área de la barra	1.54 cm²

Separación de barras	22.78 cm
Separación máxima	20.00 cm
Se colocará 1 φ de 14 mm @ 20 cm	
Acero de repartición a la zapata	
Acero de repartición, Usaremos el As min	6.50 cm²
Diámetro de la barra	16 mm
Área de la barra	2.01 cm²
Separación de barras	30.93 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 30 cm	

Verificación de cortante	
$V_{máx}$	9.33 Tn/m
ΦVc	21.34 Tn/m

d) *Diseño de la viga perimetral.*

Diseño por tracción.

Se considera que la viga perimetral está sometida a tracción

$$F_t = \frac{P}{2 \times p \times tan\, a} \quad (5\text{-}160)$$

$$As = \frac{Ft}{0.5 \times Fy} \quad (5\text{-}161)$$

P	39772.25 Kg
α	47.33 º
Ff	5834.04 Kg
As	2.78 cm²

Diseño por torsión.

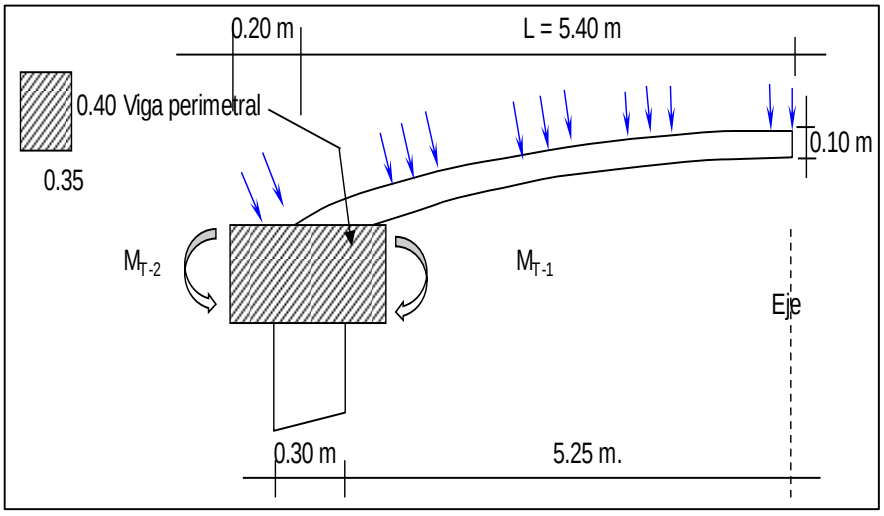


Figura 5.54. Esquema de las fuerzas actuantes en la viga perimetral del depósito.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Factor de carga para peso propio = 1.40

Factor por sobrecarga =1.70

Metrado de cargas	
Peso propio de viga	0.47 Tn/m
Peso propio de losa	0.34 Tn/m
Sobre carga	0.34 Tn/m
Carga Total por m² de losa	0.68 Tn
Carga Total por ml de viga	4.14 Tn/ml

Cálculo de acciones internas

Momento torsionante	
M_{T-1}	9.32 Tn·m
M_{T-2}	0.01 Tn·m
M_T	4.65 Tn·m
Momento flexionante	
M_F	2.07 Tn·m

Fuerza cortante.

$$Vu = \frac{Vc}{\emptyset \times b \times h} \tag{5-162}$$

Vc	2.07 Tn
Ø	0.85 Tn
Vu	17.39 Tn/m²

Cálculo del acero.

Refuerzo transversal.

Vu	17.39 Tn/m²

Cortante asumido por el concreto.

$$Vc = 0.5 \times \sqrt{f'c} = 72.46\ Tn/m^2 \tag{5-163}$$

Vu > Vc, por lo tanto, no necesita acero por cortante.

Por torsión.

M_T	4.65 Tn·m

Momento resistente por el concreto.

$$Mc = \Sigma\left[\frac{b^2 h\sqrt{f'c}}{\sqrt{b}}\right] = 1.22\ Tn \cdot m \tag{5-164}$$

$$Ts = M_T - Mc = 3.43\ Tn \cdot m \tag{5-165}$$

$$\frac{As}{S} = \frac{Ts}{\phi c \times Fy \times b1 \times d} \quad (5\text{-}166)$$

$$\emptyset c = 0.66 + 0.33 \times \frac{b1}{d} < 1.50 \quad (5\text{-}167)$$

Øc	0.94
b1	31.37 cm
d	36.37 cm
As/S	0.08 cm²/cm
Varilla Ø	12.00 mm
A varilla	1.13 cm²
S	0.15 m

Se necesita Ø12 @ 15 cm ∴ se colocará Ø12 @ 15 cm.

Refuerzo longitudinal.

Por flexión.

$$As = \frac{MF}{Fy \times Z} \quad (5\text{-}168)$$

$$MF = W \times \frac{L^2}{8} \quad (5\text{-}169)$$

$$Z = 0.90 \times d \quad (5\text{-}170)$$

$$As\ min = 0{,}002 \times b \times d \quad (5\text{-}171)$$

MF	0.52 Tn·m
Z	32.73 cm
As	0.38 cm²
As mín	2.55 cm²

Por torsión.

$$A1 = 2 \times \frac{As}{S} \times (b1 + d) = 10.27\ cm^2 \quad (5\text{-}172)$$

Acero por tracción y flexión.

$$As\ total = As\ flexión + As\ tracción = 5.32\ cm^2 \quad (5\text{-}173)$$

Se adopta 1 Ø14 mm + 2 Ø16 mm.

As total =	**5.56 cm²**

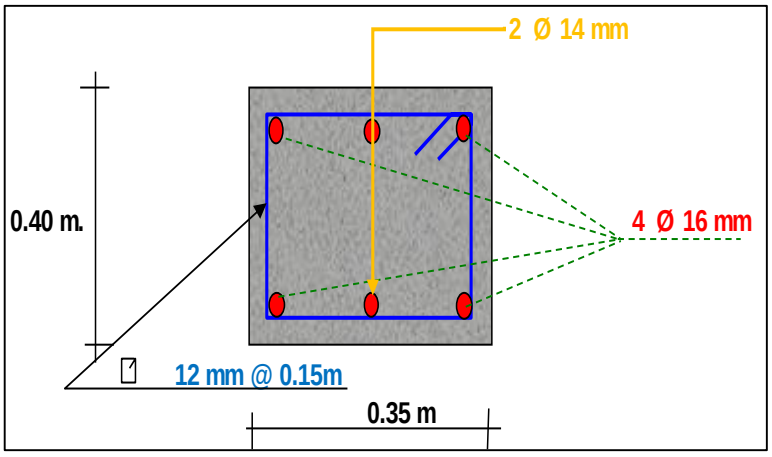


Figura 5.55. Esquema de la disposición final del acero en viga perimetral.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

e) *Diseño de la zapata.*

PESO PROPIO	VALOR	UNIDAD
Losa de techo	21.69	Ton.
Viga perimetral	11.72	Ton.
Muro de reservorio	105.04	Ton.
Peso de zapata	31.67	Ton.
TOTAL	**170.12**	**Ton.**

Longitud total	32.987	m
Carga por metro lineal	5.157	Ton/m

CARGA	VALOR	UNIDAD
Dead	5.157	Ton/m
Live	0.200	Ton/m

Cargas de servicio	5.36 Tn
Carga última	7.56 Tn
q_{adm}	47.20 Tn/m²
Área de zapata	0.11 m²
Ancho B	0.11 m
Ancho B (asumido)	**0.80 m**
Altura h	0.40 m
Altura h (asumido)	**0.35 m**

Cálculo del peso propio y peso de relleno sobre la zapata **PP+PR**	1.93 Tn/m²
Cálculo de la presión efectiva del suelo	45.27 Tn/m²
Nuevo cálculo de las dimensiones con la presión efectiva	0.12 m²
Ancho B	0.12 m
Ancho B (asumido)	**1.00 m**
Altura h	0.50 m
Altura h (asumido)	**0.40 m**
Cálculo de la presión por resistencia	7.56 Tn/m²

Verificación de cortante	
Recubrimiento	7.50 cm
Diámetro de barra	12.00 mm
Peralte efectivo	31.90 cm
Lv	0.03 m
Vu	0.23 Tn
ΦVc	0.58 Tn

As por flexión	
Wu	7.56 Tn/m²
L	0.35 m
Mu	0.46 Tn-m
Rn	5.35 Tn/m²
Cuantía necesaria	0.13 ‰
As	40.72 mm²
As mínimo	720.00 mm²

Refuerzo principal de la zapata	
Diámetro de barra principal	14.00 mm
As barra	153.94 mm²
Separación	213.80 mm
Separación adoptada	200.00 mm
Se colocará 1 φ de 14 mm @ 20 cm	

Refuerzo secundario de la zapata	
Diámetro de barra principal	14.00 mm
As barra	153.94 mm²
Separación	213.80 mm
Separación adoptada	200.00 mm
Se colocará 1 φ de 14 mm @ 20 cm	

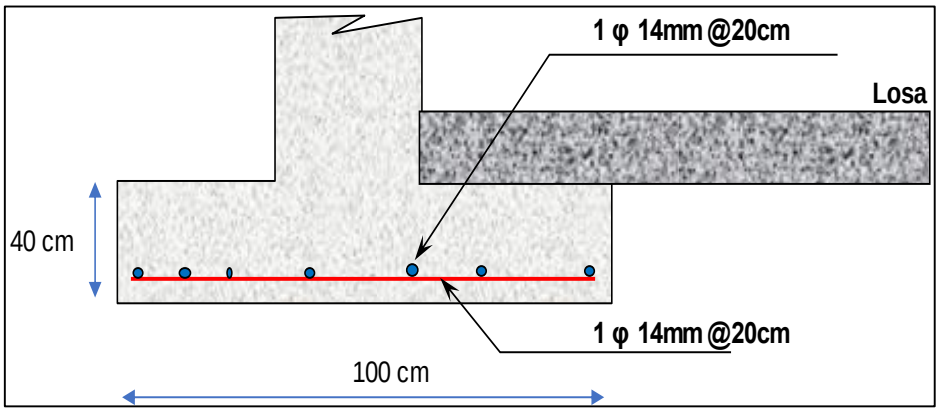


Figura 5.56. Esquema del acero de refuerzo de la zapata corrida.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.12.1.2. Diseño de la red de drenaje.

Se coloca tuberías PVC de drenaje subterráneo, en la cual se diseña el fondo del relleno en triángulos ligeramente inclinados y al fondo de estos triángulos se coloca los tubos (sistema espina de pescado) con un colector mayor en el centro.

Cálculo del caudal que se filtra del reservorio.

Para determinar el caudal que filtra del reservorio circular, utilizamos el MODEL CODE FOR CONCRETE STRUCTURES 2010 del FIB (International Federation for Structural Concrete), sección 5.1.12.1.1 Water Permeability, la misma que se basa en la ley de Darcy.

$$V = K_w \frac{A}{l} \Delta h_w t \tag{5-174}$$

$$K_w = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{{f_{cm}}^6} \tag{5-175}$$

DATOS		
Q	6.106	l/día
V	0.006	m^3
Δhw	3.50	m
A	86.59	m^2
t	86400	s
l	0.20	m
Kw	5E-11	m/s
fcm	21.00	Mpa

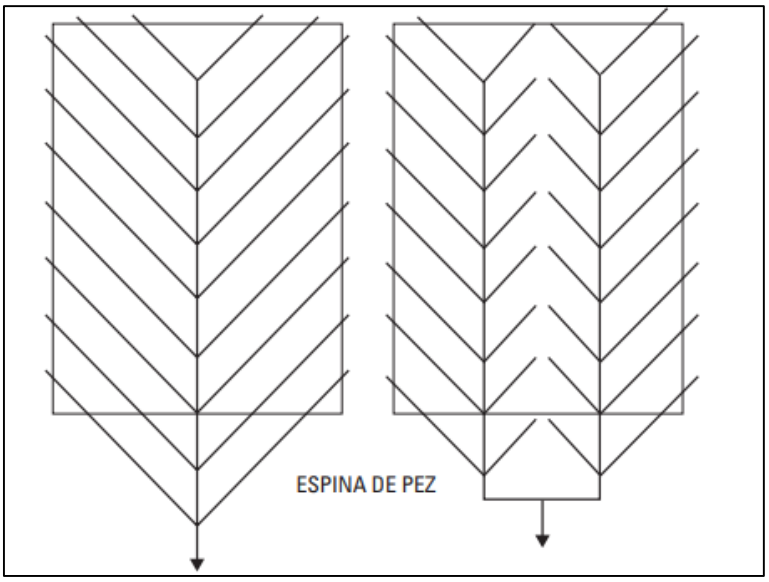


Figura 5.57. Esquema de drenaje en forma de espina de pescado.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Cálculo del diámetro recolector.

Para aproximar el diámetro, se hace uso del criterio de cálculo del diámetro económico de Mannesman Rohren Werke.

$$D = \sqrt[7]{0.052 \times Q^3} \quad (5\text{-}176)$$

Q	7E-08	m³/s
D	0.565	mm
Dmín	110	mm

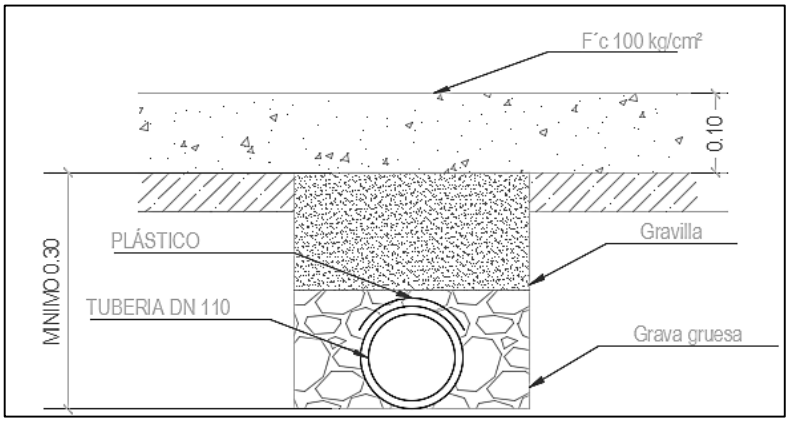


Figura 5.58. Esquema del detalle del drenaje.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.12.1.3. Diseño de la cuneta.

1. Se determina el caudal que cae sobre el área del depósito armado mediante el método racional.

$$Q_{máx} = \frac{C \times I \times A}{360} \quad (5\text{-}177)$$

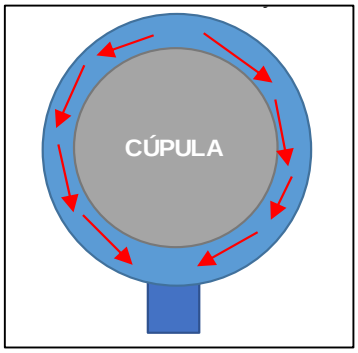


Figura 5.59. Esquema del detalle del drenaje.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Coeficiente de escorrentía	0.65
Intensidad de lluvia	169.31 mm/h
Diámetro del reservorio	6.55 m
Área del reservorio	33.70 m²
Caudal máximo	1.03 l/s

2. Se calcula las dimensiones de la cuneta.

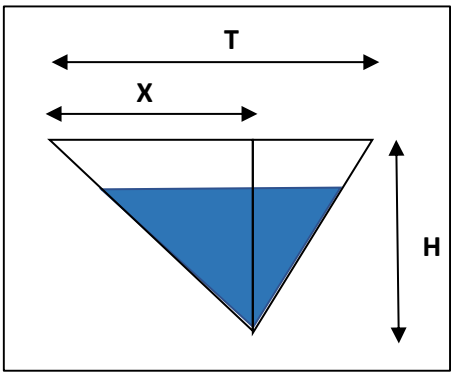


Figura 5.60. Esquema del detalle del drenaje.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

H	5.00 cm
T	5.00 cm
X	4.00 cm
n	0.02
Área de la cuneta	12.50 cm²
Perímetro mojado	11.50 cm
Radio hidráulico	1.09 cm
Pendiente	0.04 m/m

Caudal de la cuneta.

$$Q_c = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} = 0.82\ l/s \quad (5\text{-}178)$$

El caudal que transporta la cuneta debe ser mayor o igual a la mitad del caudal máximo.

$$Q_c \geq \frac{1}{2} Q_{máx} = 0.82 \geq 0.52 \therefore es\ correcto. \quad (5\text{-}179)$$

La velocidad promedio debe ser mayor a 0.60 m/s y menor a 2.00 m/s.
Velocidad promedio 0.65 m/s.

$$V_{prom} = \mathbf{0.65} \Rightarrow\!\gg 0.60 < \mathbf{0.65} < 2.00 \therefore es\ correcto. \quad (5\text{-}180)$$

5.12.2. Reservorio de 15 m³.

5.12.2.1. Diseño estructural del reservorio apoyado.

Volumen del depósito:	15	m³

1. Pre-diseño

a) Cálculo de la altura total del depósito (H).

Dimensiones recomendadas		
Volumen (m³)	**Altura (m)**	**Borde libre (m)**
10-60	2.2	0.60
60-150	2.5	0.80
150-500	2.5-3.5	0.80
600-1000	máx 6.50	0.80
> 1000	máx 10.00	1.00

Hl	2.20 m
a	0.60 m
Hw	2.80 m
Ht	3.00 m

b) Cálculo del diámetro del depósito (d).

D	2.95 m
D	3.00 m

c) Cálculo de la flecha (Fc).

$$Fc = \frac{D}{10} = 0.30\ m \approx 0.30\ m \qquad (5\text{-}111)$$

d) Cálculo del espesor de las paredes (We).

1. Según el ACI 350-06, sección 14.5.3 y 14-6, las dimensiones para un muro portante se toman de acuerdo a la ecuación (5-112) y para muro no portante la ecuación (5-113).

$$t = máx\left(\frac{h_n}{25}; 20\right) cm \qquad (5\text{-}112)$$

$$t = máx\left(\frac{h_n}{30}; 15\right) cm \qquad (5\text{-}113)$$

El espesor mínimo de muros convencionales reforzados colocados in-situ que están en contacto con líquidos y tienen una altura menor a 3.00 m debe ser de 30 cm (ACI 350-06/14.6.2).

Para muros portantes:

Máx	t	12.00 cm
	t	20.00 cm
	We	20.00 cm

2. Considerando una junta libre de movimiento entre la pared y el fondo, se tiene que sólo en la pared se producen esfuerzos de tracción. La tracción máxima se determina mediante la ecuación (5-114).

Dh	1.00 m
T	3300.00 Kg
H	2.80 m
T max	4200.00 Kg

Se despeja We, de la ecuación (5-115) que sirve para determinar la fuerza de tracción admisible del concreto y se tiene como resultado, We = 2.00 cm.

3. Según Company, se utiliza la ecuación (5-116), teniendo como respuesta, We = 11.40 cm.

   El máximo valor de We es 20.00 cm, por lo tanto, se adopta 20.00 cm.

   a) Cálculo del diámetro exterior (De).
      Se determina mediante la ecuación (5-117), obteniendo De = 3.40 m.

   b) Cálculo del espesor de la cúpula (Ce).
      Se calcularán 3 valores del espesor, teniendo en cuenta el esfuerzo a la compresión y el esfuerzo cortante del concreto. Para ello primero será necesario calcular los esfuerzos de compresión y tracción originados por el peso y la forma de la cúpula (Fc y Ft), tal como se indica en la Figura 5.61 y Figura 5.62.

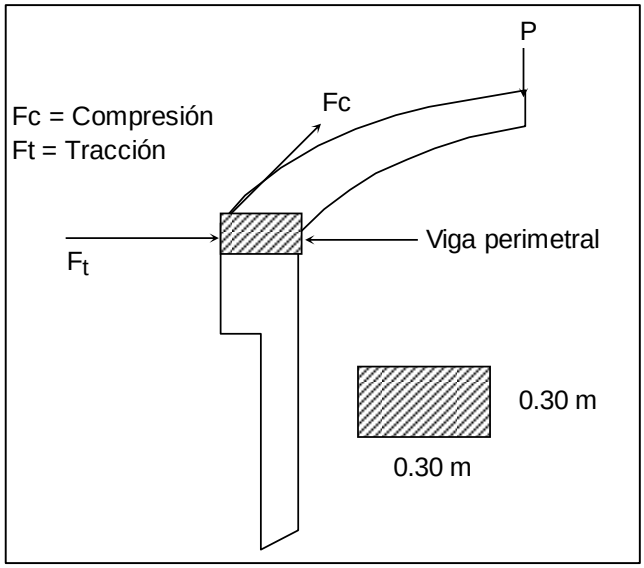


Figura 5.61. Esquema de las fuerzas actuantes en la cúpula.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

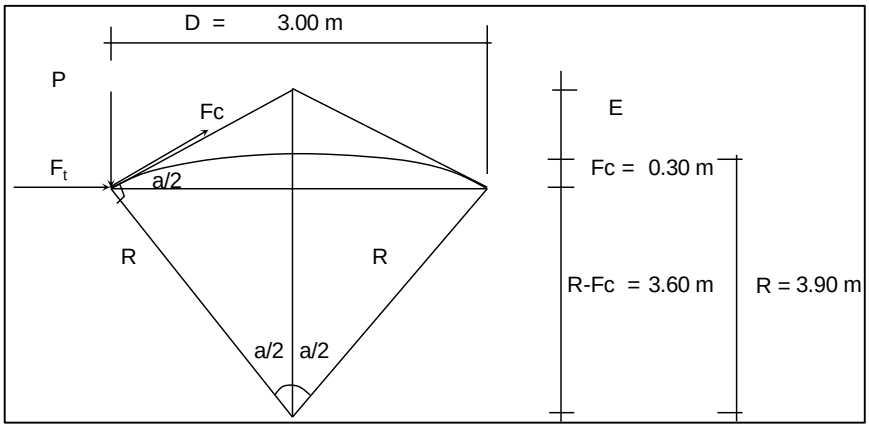


Figura 5.62. Esquema de los componentes de las fuerzas actuantes en la cúpula.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

R	3.90 m
a	45.24 º
a/2	22.62 º

Metrado de cargas.

1. Peso propio	=	240.00 Kg/m²
2. Sobrecarga	=	100.00 Kg/m²
3. Acabados	=	100.00 Kg/m²
TOTAL		440.00 Kg/m²

Área de la cúpula, A = 7.35 m^2.

Peso de la cúpula, P = 3234.58 Kg

Ft	7763.00 Kg
Fc	8409.92 Kg

Línea de arranque (longitud de la circunferencia descrita), Lc = 9.42 m.

La presión por metro lineal de la circunferencia de arranque es Fc/Lc = 892.32 Kg/m.

Primer espesor.

$$Ce = \frac{Fc}{Lc} = 0.09\ cm \tag{5-124}$$

Esfuerzo cortante por metro lineal en el zuncho (viga perimetral).

$$\frac{V}{m} = \frac{P}{Lc} = 343.20\ Kg/m \tag{5-125}$$

Segundo espesor

$$Ce = \frac{P}{Lc} = 0.53\ cm \tag{5-127}$$

Tercer espesor

El espesor mínimo para un techo de esta forma se describe mediante la ecuación (5-128) del ACI 350-06.

Rd	3.90 m
Pu	646.00 Kg/m²
L	100.00 Kg/m²
Ec	2483.50 MPa
Bc	0.50
Ce	0.61 cm

El espesor mínimo es de **9.00 cm** para losas armada en dos direcciones (RNC), por lo tanto, se opta por un espesor de 10.00 cm.

2. Datos generales.

a) Geometría.

Datos	
Vol	15.00 m³
D	3.00 m
Hl	2.20 m
He	1.00 m
Hw	2.80 m
Fc	0.30 m
Ce	0.10 m
We	0.20 m
hz	0.20 m
v	0.50 m
Ensanchamiento	1.00 m

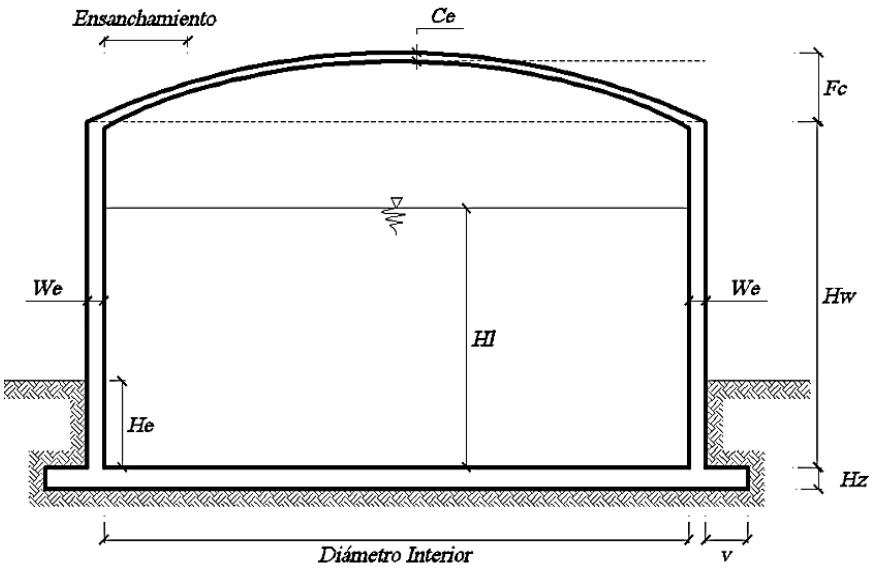


Figura 5.38. Esquema del reservorio.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017

b) Materiales.

Resistencia del concreto	f'c	210.00 Kg/cm²
Módulo de elasticidad del concreto	Ec	218819.79 Kg/cm²
Peso específico del concreto	Ɣconcreto	2.40 Tn/m³
Límite de fluencia del acero	Fy	4200.00 Kg/cm²
Módulo de elasticidad del acero	Es	2100000.00 Kg/cm²
Esfuerzo admisible del suelo	σadm	4.72 Kg/cm²

c) Normativa utilizada.

Debido a que el método de diseño es el mismo utilizado en el reservorio de 300 m^3, la normativa de diseño también es la misma enumerada en la sección 5.12.1.1.

3. Análisis según Metodología del ACI 350.3-01, Apéndice A.

a) Análisis sísmico estático.

1. Peso del tanque.

Losa del techo	1.764 Tn
Viga perimetral	2.307 Tn
Muros	13.511 Tn

Peso del muro (Ww) + Peso de la cúpula (Wr)	18544.93 Kg
Peso del muro (Ww)	15818.55 Kg
Peso de la cúpula (Wr)	1764.32 Kg
Peso por carga viva en la cúpula	962.07 Kg
Diámetro interior (D)	3.00 m
Altura efectiva del líquido (Hl)	2.20 m
Coeficiente de masa efectiva (ξ) (por peso propio)	0.79
Masa efectiva (We) (por peso propio)	15205.59 Kg

2. Cálculo de la masa efectiva del líquido almacenado, componente impulsiva (wi) y componente convectiva (Wc), ACI 350.3-01 sección 9.3.1.

Masa total del líquido almacenado (Wl)	1550.88 Kg
D/Hl	1.36
Wi/Wl	0.70
Wc/Wl	0.31
Peso equivalente de la componente impulsiva Wi	10900.13 Kg
Peso equivalente de la componente convectiva Wc	4833.35 Kg

3. Cálculo de la frecuencia de vibración natural combinada (Wi) de la estructura y el componente impulsivo del líquido almacenado, ACI 350.3-01 sección 9.3.4.

Hl/D	0.73
Coef. Para determinar frecuencia fund. tanque-líquido (Cw)	0.17
Espesor del muro (We)	0.20 m
Radio circular interno R	1.50 m

Coeficiente para determinar frecuencia fund. tanque-líquido (Cl)	0.61
Resistencia a compresión del concreto (f´c)	210 Kg/cm²
Módulo de elasticidad del concreto Ec	21466 Kg/cm²
Densidad del concreto Pc	2.40 Tn/m³
Frecuencia circular del modo de vibración impulsivo (wi)	834.63 rad/s
Periodo fund. de oscilación del tanque+comp. impulsivo (Ti)	0.01 s

4. Cálculo de la frecuencia de vibración de la componente convectiva (Wc) según ACI 350.3-01 sección 9.3.4.

Aceleración debido a la gravedad (g)	9.81 m/s²
λ	10.83
Frecuencia circular de vibración del primer modo convectivo (Wc)	6.25 rad/s
Periodo natural del primer modo convectivo (Tc)	1.00 s

5. Parámetros para el cálculo de la fuerza sísmica, según ACI 35.3-01 sección 4.2 y NEC-15.

Coeficiente representativo de las características del suelo S	1.4000
Factor de amplificación espectral para el movimiento horizontal Ci	1.9643
Factor de amplificación espectral para el movimiento horizontal Cc	1.8690

Cálculo del desplazamiento máximo del líquido contenido (dmax), según ACI 350.3-01 sección 7.1.

Factor de Zona Z	0.25
Factor de importancia I	1.50
Desplazamiento máximo vertical del líquido contenido dmax	1.47 m

Cálculo de las alturas al centro de gravedad de la ubicación de las componentes impulsivas y convectivas, según ACI 350.3-01 sección 9.3.2.

hi/Hl	0.38
hc/Hl	0.68
Altura al centro de gravedad de la comp. impulsiva hi	0.83 m
Altura al centro de gravedad de la comp. convectiva hc	1.49 m

Factor de zona Z	0.25
Factor de importancia I	1.50
Coeficiente representativo de las características del suelo S	1.40
Coef. De modificación de respuesta fuerzas impulsivas Rwi	**2.75**
Coef. De modificación de respuesta fuerzas convectivas Rwc	**1.00**
Peso efectivo del muro del tanque εWw	12479.20 Kg
Peso de la cúpula tanque Wr	2726.39 Kg
Peso equivalente de la componente impulsiva Wi	10900.13 Kg
Peso equivalente de la componente convectiva Wc	4833.35 Kg
Factor de ampliación espectral para el movimiento horizontal Ci	1.96
Factor de ampliación espectral para el movimiento horizontal Cc	1.87

Fuerza inercial lateral por aceleración del muro Pw	4679.70 Kg
Fuerza inercial lateral por aceleración de la cúpula Pr	1022.39 Kg
Fuerza lateral impulsiva Pi	4087.55 Kg
Fuerza lateral convectiva Pc	4742.67 Kg

b) Análisis dinámico espectral horizontal.

Parámetros iniciales y formulación de espectros inelásticos. Se tomarán los valores siguientes especificados en el *análisis estático*.

Factor de zona Z	0.25
Factor de importancia I	1.50
Coeficiente representativo de las características del suelo S	1.40
Coef. De modificación de respuesta fuerzas impulsivas Rwi	2.75
Coef. De modificación de respuesta fuerzas convectivas Rwc	1.00
Factor de ampliación espectral para el movimiento horizontal Ci	1.96
Factor de ampliación espectral para el movimiento horizontal Cc	1.87

3. Modelamiento de la masa impusliva y convectiva en SAP2000.

Se elabora un modelo tridimensional en el cual se asignará una masa impulsiva de 1.11 Tn·s²/m a una altura hi de 0.83 m

$$K = 45 \times \left(\frac{Wc}{WL}\right)^2 \times \left(\frac{HL}{D}\right)^2 \times \left(0.5 \times \frac{WL}{HL}\right) = 8.26\, Tn/m \qquad (5\text{-}154)$$

4. Empuje dinámico del suelo.

Peso específico del suelo γ	1672.59 Kg/m³
Profundidad a la que está enterrado el reservorio he	1.00 m
Inclinación del muro θ	0.00º
Ángulo de fricción del suelo φ	7.00º
Ángulo de fricción entre el muro y el suelo δ	12.50º
Pendiente de inclinación del suelo β	0.00º
a max	0.25 g
ψ	14.04º
Kae	0.78

4. Diseño de las paredes del reservorio.

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS	
Desplazamientos en dirección del análisis	0.0035 cm
Altura donde se ubica el punto	2.80 m
Deriva	1.25E-05
Deriva máxima	0.007

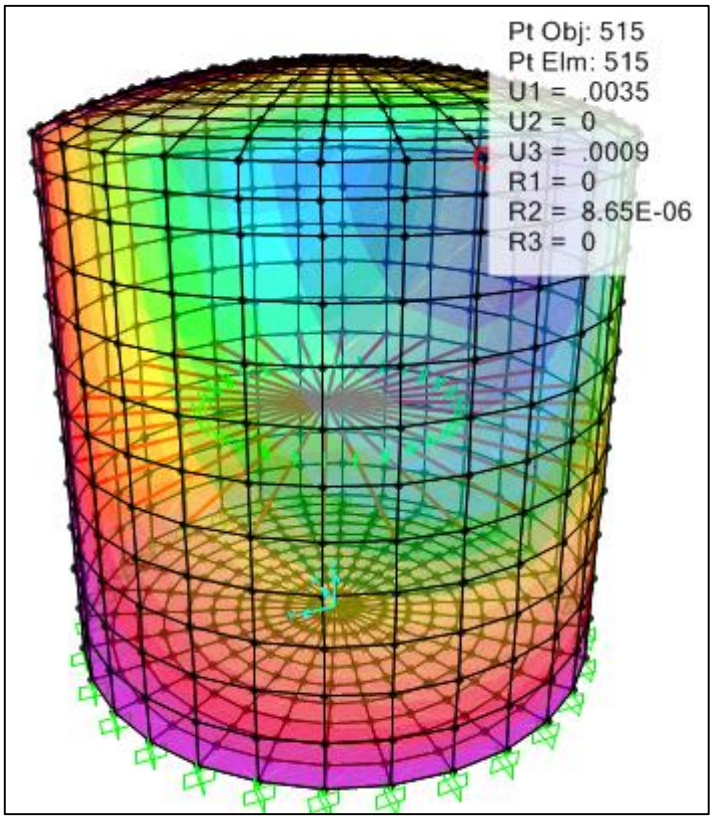


Figura 5.63. Diagrama de desplazamientos en el depósito.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

a) Diseño de la cúpula del reservorio.

La resistencia de diseño será igual a 0.40 f'c.

La cuantía mínima de acero es 0.0035

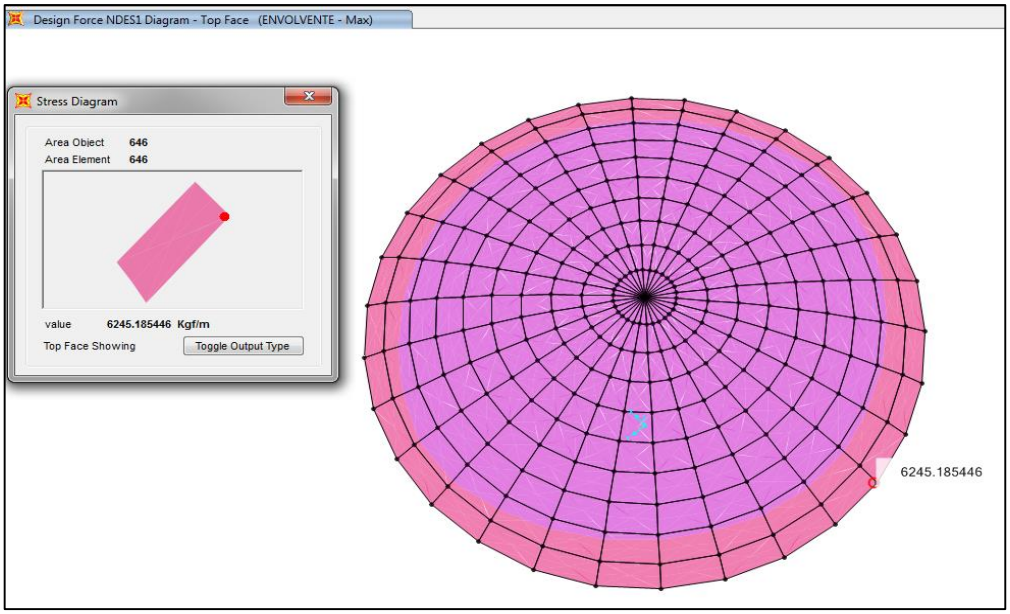


Figura 5.64. Diagrama de fuerzas en la cúpula.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

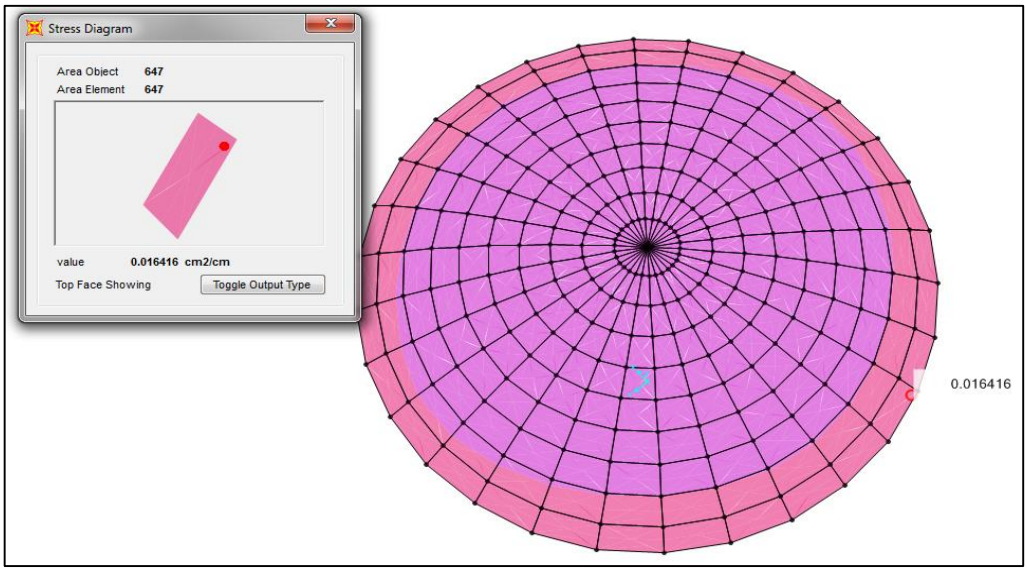


Figura 5.65. Diagrama del acero de refuerzo.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

DISEÑO DE LA CÚPULA	
Fluencia del acero	4200 Kg/cm²
Resistencia a la compresión del concreto f'c	210 Kg/cm²
Módulo de elasticidad del concreto Ec	218820 Kg/cm²
Espesor de la cúpula	0.10 m
Espesor promedio de la cúpula en zona de ensanchamiento	0.15 m
Resistencia a compresión de diseño del concreto f'dc	84 Kg/cm²
Cuantía mínima	0.0035
Factor de reducción a tracción	0.90

Refuerzo circular (acciones membrana)	
Longitud del elemento a evaluar	1.00 m
Fuerza de tracción circular NDes1	6245.00 Kg
Área de acero requerida	0.016 cm²
Área de acero mínima requerida	3.50 cm²
Área de acero usada	3.50 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm
Separación de barras	32.31 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 12 mm @ 30 cm	
Momento (circular)	600.00 Kg-m
Peralte efectivo	6.40 cm
a	0.613 cm
Área de acero necesaria	2.605 cm²
Cuantía necesaria p	0.00407
Área de acero mínima requerida	3.50 cm²
Área de acero usada	3.50 cm²

Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	32.31 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 12 mm @ 30 cm	

Refuerzo radial (acciones membrana)	
Longitud del elemento a evaluar	1.000 m
Fuerza de tracción radial NDes2	4517.00 Kg
Área de acero requerida	0.012 cm²
Área de acero mínima requerida	3.50 cm²
Área de acero usada	3.50 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	32.31 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 12 mm @ 30 cm	
Momento (circular)	26.20 Kg-m
Peralte efectivo	6.40 cm
a	0.026 cm
Área de acero necesaria	0.109 cm²
Cuantía necesaria p	0.00017
Área de acero mínima requerida	3.50 cm²
Área de acero usada	3.50 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	32.31 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 12 mm @ 30 cm	

Verificación de cortante	
$V_{máx}$ tangencial	0.44 Tn/m
$V_{máx}$ radial	0.44 Tn/m
ΦVc	4.20 Tn/m

b) *Diseño de las paredes del reservorio.*

DISEÑO DEL MURO	
Fluencia del acero	4200 Kg/cm²
Resistencia a la compresión del concreto f'c	210 Kg/cm²
Módulo de elasticidad del concreto Ec	218820 Kg/cm²
Espesor de pared	0.20 m
Cuantía mínima horizontal	0.002
Factor de reducción a tracción	0.900
Cuantía mínima vertical	0.0015

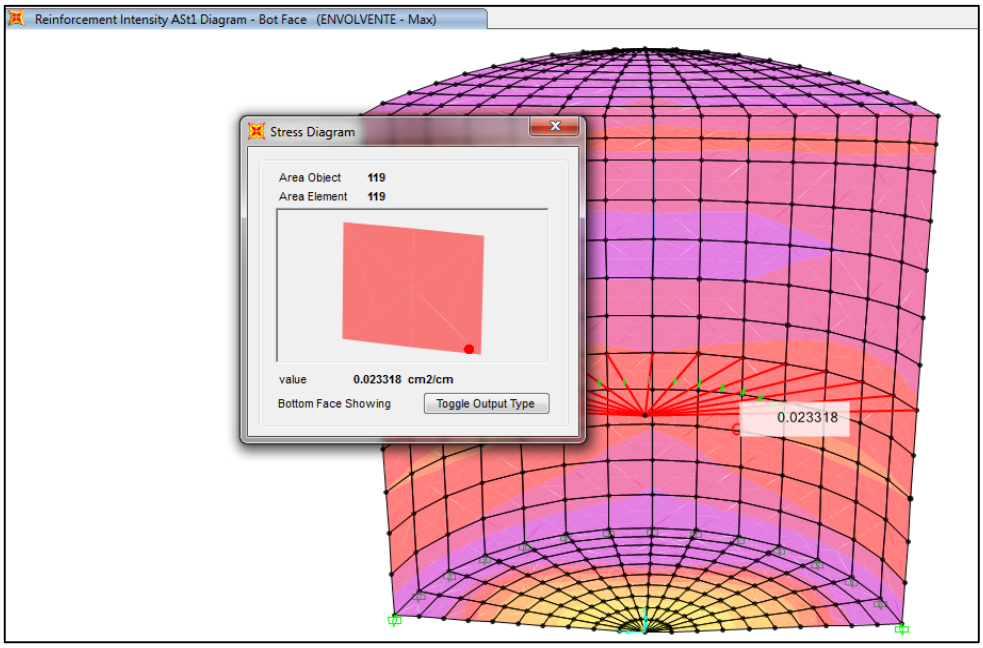


Figura 5.66. Diagrama del acero de refuerzo longitudinal en el muro, cara interior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

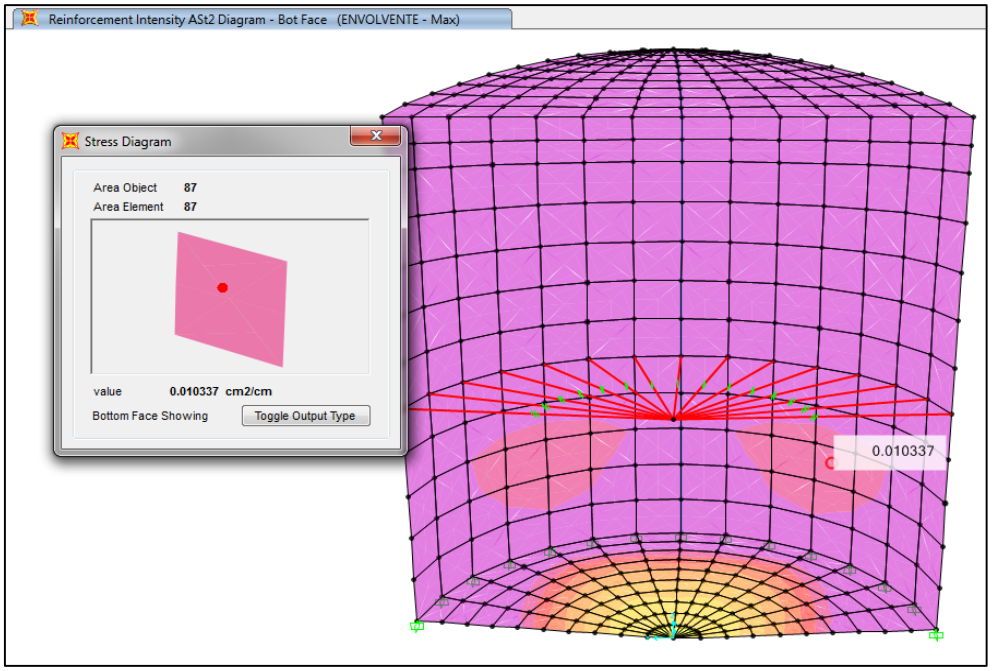


Figura 5.67. Diagrama del acero de refuerzo transversal en el muro, cara interior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

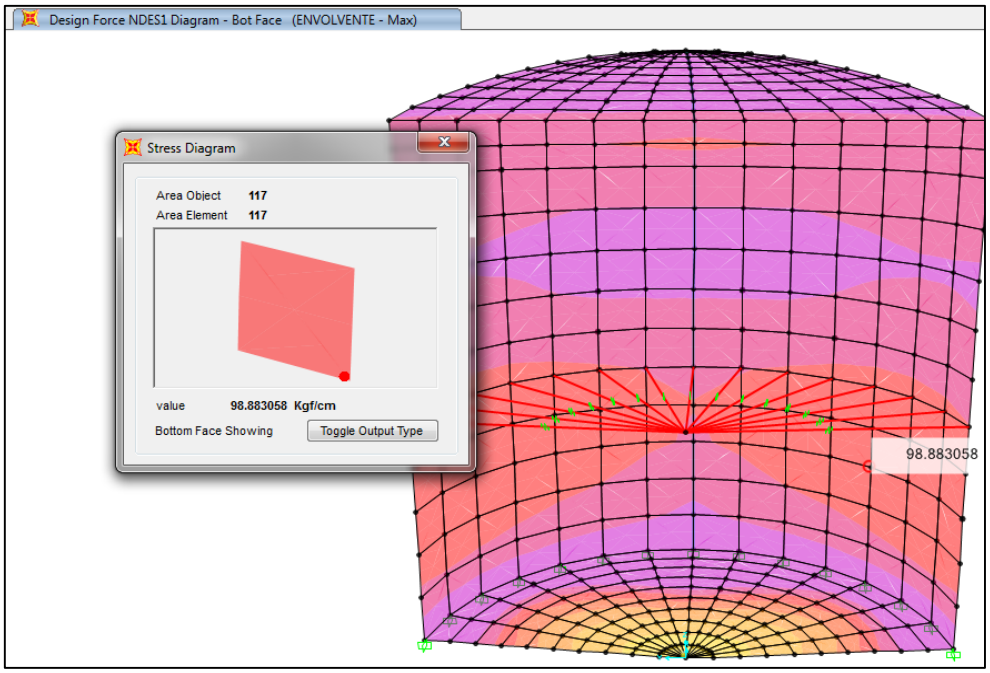


Figura 5.68. Diagrama de fuerza cortante en el muro, cara interior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Refuerzo circular (horizontal) interior	
Longitud del elemento a evaluar	1.00 m
Fuerza de tracción circular NDes1	42.65 Kg
Área de acero requerida	0.01 cm²
Área de acero mínima requerida	4.00 cm²
Área de acero usada	4.00 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	28.27 cm
Separación máxima	25.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 25 cm	
Momento (circular)	402.00 Kg-m
Peralte efectivo	16.40 cm
a	0.15 cm
Área de acero necesaria	0.65 cm²
Cuantía necesaria p	0.000397
Área de acero mínima requerida	4.00 cm²
Área de acero usada	4.00 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	28.27 cm
Separación máxima	25.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 25 cm	

Refuerzo tangencial (vertical) interior	
Longitud del elemento a evaluar	1.00 m
Fuerza de tracción circular NDes1	9868.00 Kg

Área de acero requerida	0.02 cm²
Área de acero mínima requerida	3.00 cm²
Área de acero usada	3.00 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	37.70 cm
Separación máxima	35.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 35 cm	
Momento (circular)	402.00 Kg-m
Peralte efectivo	16.40 cm
a	0.15 cm
Área de acero necesaria	0.65 cm²
Cuantía necesaria p	0.000397
Área de acero mínima requerida	3.00 cm²
Área de acero usada	3.00 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	37.70 cm
Separación máxima	35.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 35 cm	

Verificación de cortante	
$V_{máx}$ tangencial	1.65 Tn/m
$V_{máx}$ radial	1.65 Tn/m
ΦVc	10.77 Tn/m

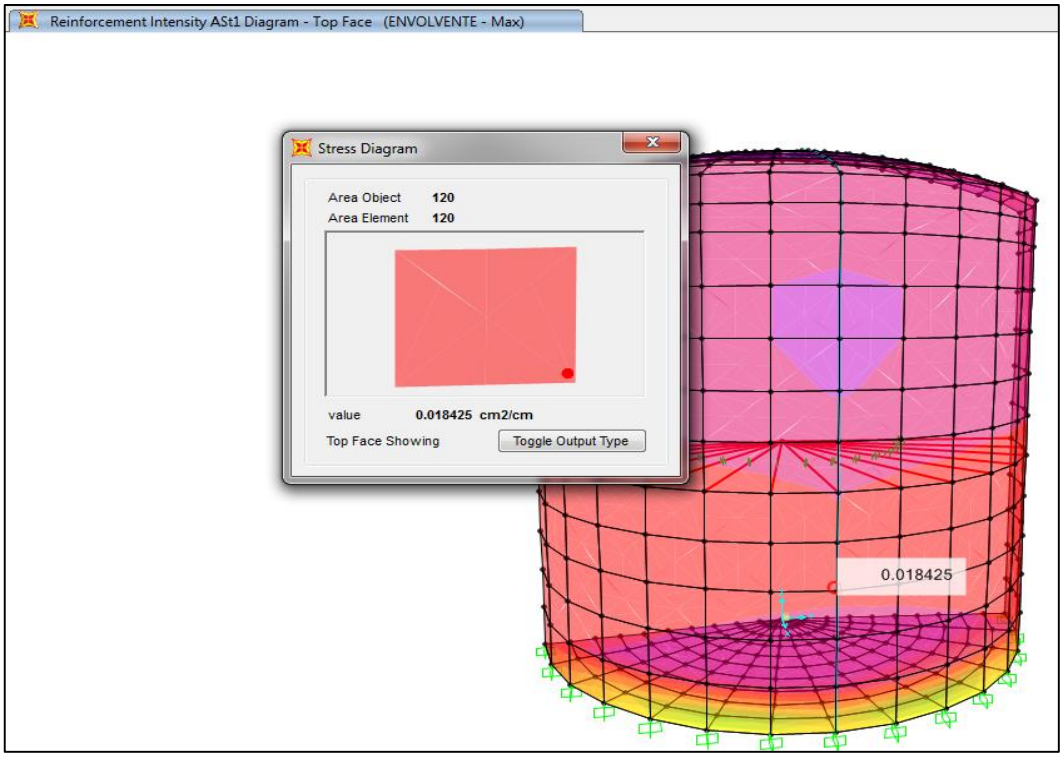


Figura 5.69. Diagrama del acero de refuerzo longitudinal en el muro, cara exterior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

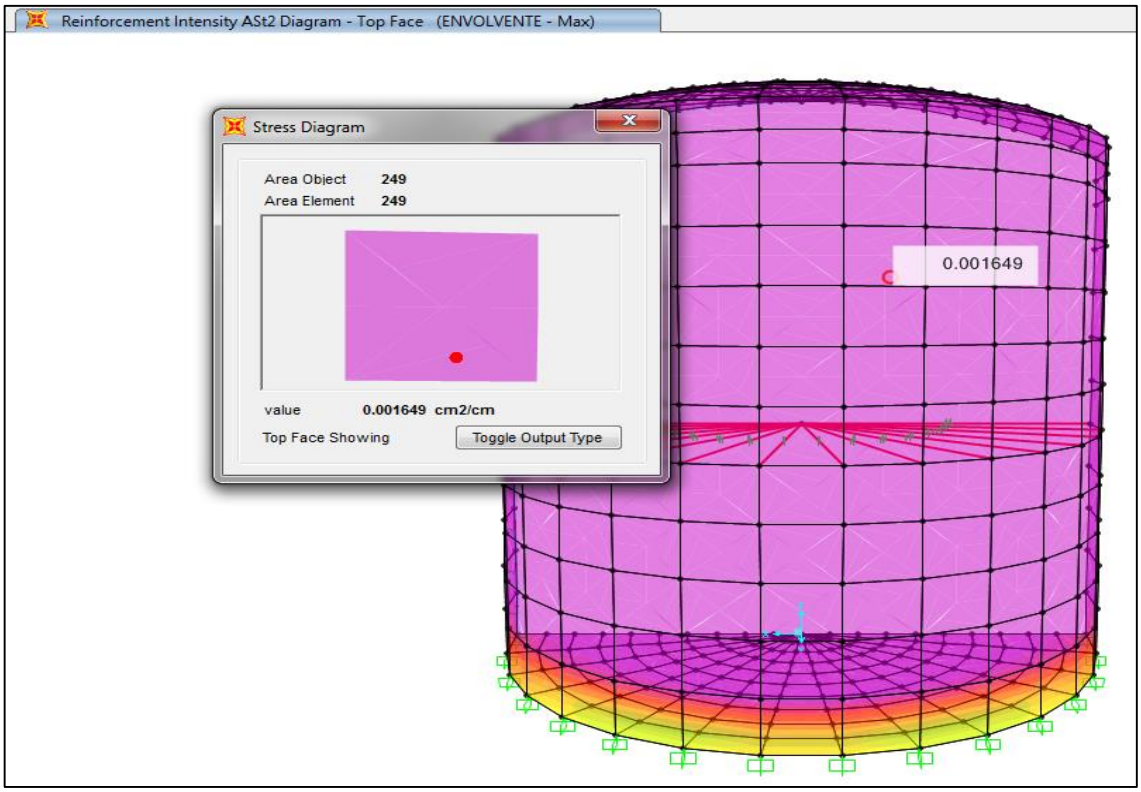


Figura 5.70. Diagrama del acero de refuerzo en el muro, cara exterior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

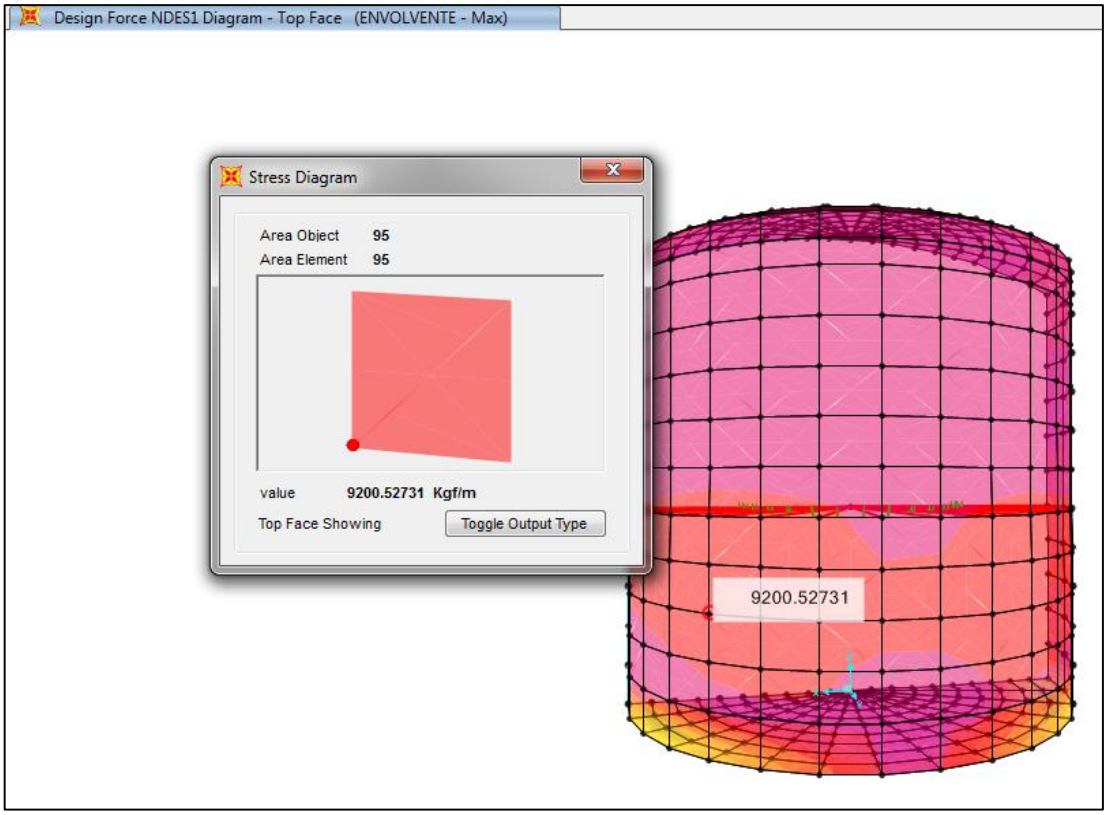


Figura 5.71. Diagrama del acero de fuerza cortante en el muro, cara exterior.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Refuerzo circular (horizontal)EXTERIOR	
Longitud del elemento a evaluar	1.00 m
Fuerza de tracción circular NDes1	1177.00 Kg
Área de acero requerida	0.002 cm²
Área de acero mínima requerida	4.00 cm²
Área de acero usada	4.00 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	28.27 cm
Separación máxima	25.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 25 cm	
Momento (circular)	39.56 Kg-m
Peralte efectivo	16.40 cm
a	0.015 cm
Área de acero necesaria	0.06 cm²
Cuantía necesaria p	0.000039
Área de acero mínima requerida	4.00 cm²
Área de acero usada	4.00 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	28.27 cm
Separación máxima	25.00 cm
Se colocará 1 φ de 14 mm @ 25 cm	

Verificación de cortante	
$V_{máx}$ tangencial	1.65 Tn/m
$V_{máx}$ radial	1.65 Tn/m
ΦVc	10.77 Tn/m

Refuerzo tangencial (vertical) EXTERIOR	
Longitud del elemento a evaluar	1.00 m
Fuerza de tracción circular NDes2	9200.00 Kg
Área de acero requerida	0.02 cm²
Área de acero mínima requerida	3.00 cm²
Área de acero usada	3.00 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	37.70 cm
Separación máxima	35.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 35 cm	
Momento (circular)	813.74 Kg-m
Peralte efectivo	25.00 cm
a	0.20 cm
Área de acero necesaria	0.86 cm²
Cuantía necesaria p	0.000346
Área de acero mínima requerida	3.00 cm²
Área de acero usada	3.00 cm²

Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	37.70 cm
Separación máxima	35.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 35 cm	

c) *Diseño de la losa del reservorio.*

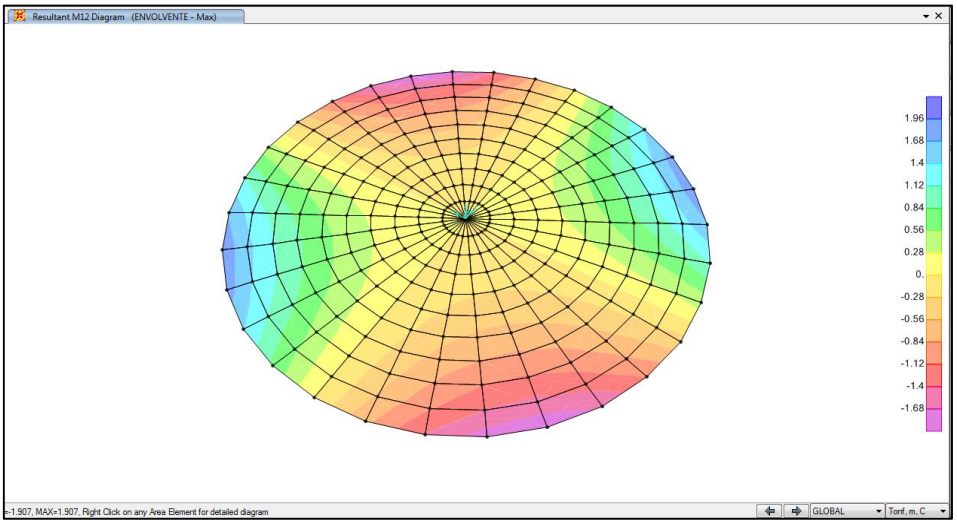


Figura 5.72. Diagrama de momentos en la losa de cimentación.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Refuerzo inferior	
Momento	1.91 Tn·m
Longitud del elemento a evaluar	100.00 cm
Peralte efectivo	16.00 cm
a	0.76 cm
Área de acero necesaria	3.23 cm²
Área de acero mínima requerida	3.20 cm²
Área de acero usada	3.23 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	35.02 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 14 mm @ 30 cm	

Refuerzo superior	
Momento	1.91 Tn·m
Longitud del elemento a evaluar	100.00 cm
Peralte efectivo	16.00 cm
a	0.76 cm
Área de acero necesaria	3.23 cm²
Área de acero mínima requerida	3.20 cm²
Área de acero usada	3.23 cm²
Diámetro de la barra	12 mm

Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	35.02 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 14 mm @ 30 cm	
Acero de repartición a la zapata	
Acero de repartición, Usaremos el As min	3.20 cm²
Diámetro de la barra	12 mm
Área de la barra	1.13 cm²
Separación de barras	35.34 cm
Separación máxima	30.00 cm
Se colocará 1 φ de 16 mm @ 30 cm	

Verificación de cortante	
$V_{máx}$	2.84 Tn/m
ΦVc	10.51 Tn/m

d) *Diseño de la viga perimetral.*

Diseño por tracción.

Se considera que la viga perimetral está sometida a tracción

P	3234.58 Kg
α	45.24 º
Ff	510.51 Kg
As	0.24 cm²

Diseño por torsión.

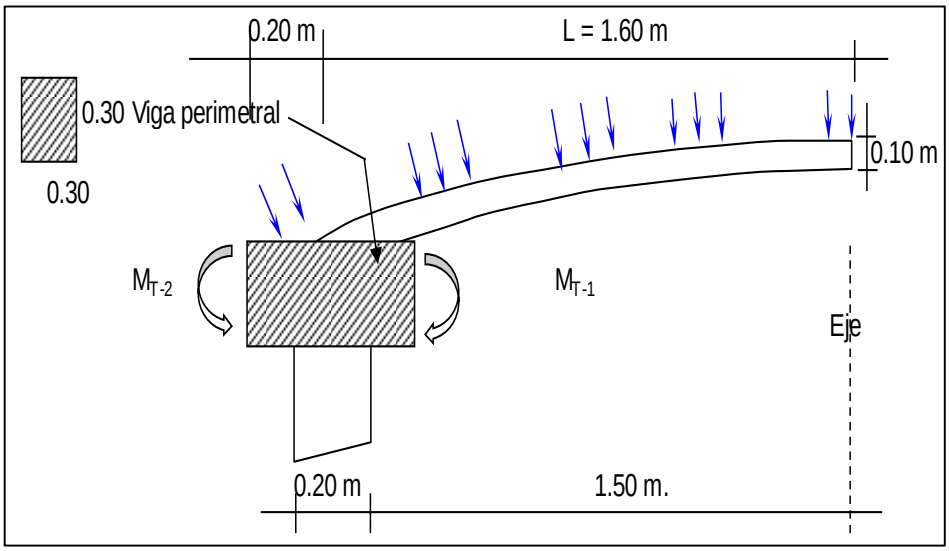


Figura 5.73. Esquema de las fuerzas actuantes en la viga perimetral del depósito.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

Factor de carga para peso propio = 1.40

Factor por sobrecarga =1.70

Metrado de cargas	
Peso propio de viga	0.30 Tn/m
Peso propio de losa	0.34 Tn/m
Sobre carga	0.34 Tn/m
Carga Total por m² de losa	0.68 Tn
Carga Total por ml de viga	1.42 Tn/ml

Cálculo de acciones internas

Momento torsionante	
M_{T-1}	0.76 Tn·m
M_{T-2}	0.01 Tn·m
M_T	0.37 Tn·m
Momento flexionante	
M_F	0.71 Tn·m

Fuerza cortante.

Vc	0.71 Tn
Ø	0.85 Tn
Vu	9.27 Tn/m²

Cálculo del acero.

Refuerzo transversal.

Vu	9.27 Tn/m²

Cortante asumido por el concreto

$$Vc = 0.5 \times \sqrt{f'c} = 72.46\ Tn/m^2 \quad (5\text{-}163)$$

Por torsión.

M_T	0.37 Tn·m

Momento resistente por el concreto.

$$Mc = \Sigma \left[\frac{b^2 h \sqrt{f'c}}{\sqrt{b}} \right] = 0.72\ Tn \cdot m \quad (5\text{-}164)$$

$$Ts = M_T - Mc = 0.34\ Tn \cdot m \quad (5\text{-}165)$$

Øc	0.99
b1	26.37 cm
d	26.37 cm
As / S	0.01 cm²/cm
Varilla Ø	10 mm
$A_{varilla}$	0.79 cm²
S	0.66 m

Se necesita Ø10 @ 66 cm ∴ se colocará Ø10 @ 35 cm.

Refuerzo longitudinal.

Por flexión.

MF	0.18 Tn·m
Z	23.73 cm
As	0.18 cm²
As min	1.58 cm²

Por torsión.

$$A1 = 2 \times \frac{As}{S} \times (b1 + d) = 1.25\ cm^2 \quad (5\text{-}172)$$

Acero por tracción y flexión.

$$As\ total = As\ flexión + As\ tracción = 1.83\ cm^2 \quad (5\text{-}173)$$

Se adopta 2 Ø12 mm.

As $_{total}$ =	**2.26 cm²**

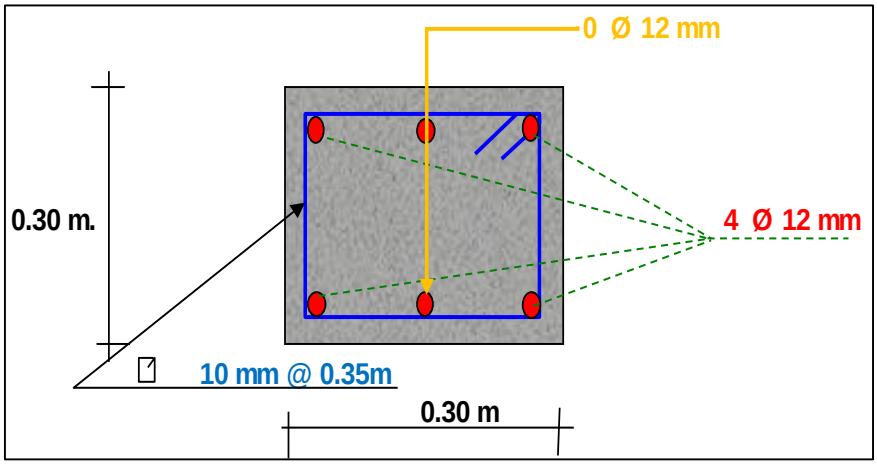


Figura 5.74. Esquema de la disposición final del acero en viga perimetral.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

e) *Diseño de la zapata.*

PESO PROPIO	VALOR	UNIDAD
Losa de techo	1.76	Ton.
Viga perimetral	2.31	Ton.
Muro de reservorio	13.51	Ton.
Peso de zapata	9.05	Ton.
TOTAL	**26.63**	**Ton.**

Longitud total	9.43	m
Carga por metro lineal	2.83	Ton/m

CARGA	VALOR	UNIDAD
Dead	2.826	Ton/m
Live	0.200	Ton/m

Cargas de servicio	3.03 Tn
Carga última	4.30 Tn
q_{adm}	47.20 Tn/m²
Área de zapata	0.064 m²
Ancho B	0.064 m
Ancho B (asumido)	**0.50 m**
Altura h	0.25 m
Altura h (asumido)	**0.25 m**

Cálculo del peso propio y peso de relleno sobre la zapata **PP+PR**	1.85 Tn/m²
Cálculo de la presión efectiva del suelo	45.35 Tn/m²
Nuevo cálculo de las dimensiones con la presión efectiva	0.067 m²
Ancho B	0.067 m
Ancho B (asumido)	**0.60 m**
Altura h	0.30 m
Altura h (asumido)	**0.25 m**
Cálculo de la presión por resistencia	7.16 Tn/m²

Verificación de cortante	
Recubrimiento	7.50 cm
Diámetro de barra	12.00 mm
Peralte efectivo	16.90 cm
Lv	0.03 m
Vu	0.22 Tn
ΦVc	0.31 Tn

As por flexión	
Wu	7.16 Tn/m²
L	0.20 m
Mu	0.14 Tn-m
Rn	5.90 Tn/m²
Cuantía necesaria	0.14 ‰
As	23.77 mm²
As mínimo	450.00 mm²

Refuerzo principal de la zapata	
Diámetro de barra principal	12.00 mm
As barra	113.10 mm²
Separación	251.33 mm
Separación adoptada	250.00 mm
Se colocará 1 φ de 14 mm @ 25 cm	

Refuerzo secundario de la zapata	
Diámetro de barra principal	12.00 mm
As barra	113.10 mm²
Separación	251.33 mm
Separación adoptada	250.00 mm
Se colocará 1 φ de 14 mm @ 25 cm	

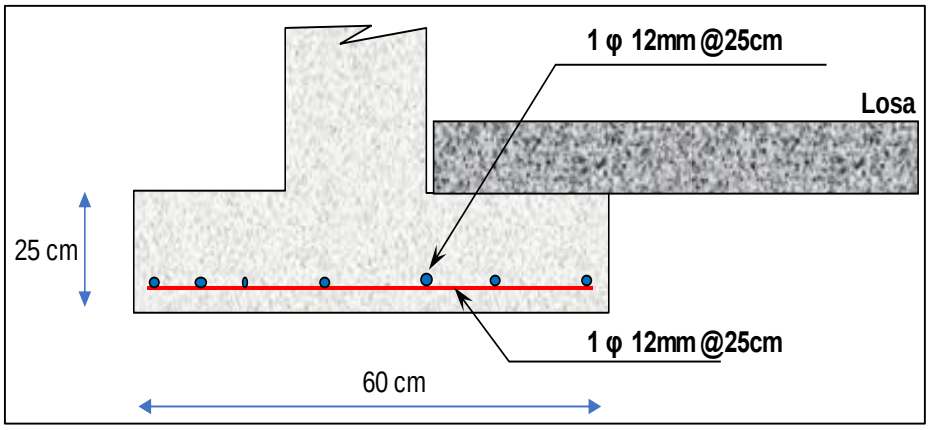


Figura 5.75. Esquema del acero de refuerzo de la zapata corrida.
Fuente: Los Autores, 2017.
Elaboración: Los Autores, 2017.

5.12.2.2. Diseño de la red de drenaje.

Al igual que en el reservorio de 300 m^3, se coloca tuberías PVC de drenaje subterráneo, en la cual se diseña el fondo del relleno en triángulos ligeramente inclinados y al fondo de estos triángulos se coloca los tubos (sistema espina de pescado) con un colector mayor en el centro.

Cálculo del caudal que se filtra del reservorio.

DATOS		
Q	0.313	l/día
V	3E-04	m^3
Δhw	2.20	m
A	7.07	m^2
t	86400	s
l	0.20	m
Kw	5E-11	m/s
fcm	21.00	Mpa

Cálculo del diámetro recolector.

Q	4E-09	m^3/s
D	0.158	mm
Dmín	110	mm

5.12.2.3. Diseño de la cuneta.

La cuneta diseñada es igual al del reservorio de 300 m^3, incluida las mismas dimensiones.

ANEXO 6. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO HIDRÁULICO MULTIPROPÓSITO

6.1. Introducción

En este manual se describen las principales actividades que se deben realizar para la operación y mantenimiento de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua, los cuales son: obra de captación, línea de conducción, desarenador y tanques de almacenamiento de un sistema por gravedad con el propósito de prevenir el deterioro, asegurando la vida útil de los mismos y evitar las interrupciones del suministro de agua, para brindar un servicio satisfactorio a los usuarios del sistema.

Operación: Es la acción de hacer funcionar correctamente las obras del sistema de abastecimiento de agua.

Mantenimiento: Es la acción para prevenir o reparar las obras del sistema de abastecimiento de agua para que siga funcionando.

6.2. Operación y mantenimiento de la obra de captación

Al ser la captación de tipo rejilla de fondo y/o coanda, los problemas más frecuentes que se pueden presentar son los siguientes:

- Introducción de material sedimentado en la tubería de salida, por falta de limpieza oportuna de la obra.
- Obstrucción por hojas que caen de los árboles.
- Disminución del caudal debido a prolongadas sequías.
- Filtraciones por defectos de construcción no detectados en su oportunidad.
- Derrumbes que pueden afectar la estructura.
- Daños causados por causas extrañas a la estructura misma y a las obras de protección.
- Presencia de posibles focos de contaminación en el área de influencia de la estructura.

6.2.1. Operación

Para poner en servicio la estructura, el operador debe proceder a lo siguiente:

- Levantar las rejillas de cada grada de recolección.
- Limpiar el interior de la estructura de todo material depositado durante la construcción o sedimentado si la estructura con anterioridad estuvo en servicio.
- Desinfectar su interior de acuerdo a las normas de desinfección.
- Abrir la válvula de desagüe una vez cumplido el tiempo de retención de agua para los efectos de desinfección.
- Cerrar la válvula de limpieza una vez evacuada el agua de desinfección.
- Cerrar debidamente las rejillas de cada grada de captación.
- Abrir la válvula de salida de la captación.

Estando la estructura en servicio, para el control de su adecuado funcionamiento, basta verificar el flujo o caudal que llega al tanque de almacenamiento. Si este caudal no ha disminuido se interpretará que su funcionamiento es normal, en caso contrario es necesario la inspección respectiva para las acciones que fueren del caso.

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Diaria	20 min	Observar el caudal que llega a los depósitos de almacenamiento. Al notar disminución, efectuar la inspección a fin de detectar y corregir las deficiencias encontradas
Variable	20 min	Verificar la apertura de la válvula de paso a la conducción.
Variable	10 min	Observar que las rejillas de cada grada de la captación estén libres de hojas, palos, etc.

6.2.2. Mantenimiento

Para poner fuera de servicio la estructura sea por reparación o por limpieza, el operador procederá a lo siguiente:

- Cerrar la válvula de salida a la conducción.
- Abrir la válvula de desagüe.

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Semestral	1 día	Revisar las válvulas, tuberías y elementos de operación. Repararlos si es necesario. Responsable: El operador.
Semestral	2 horas	Machetear y limpiar el área cercana a la estructura de captación, con un radio de 10m. Responsable: El operador.
Mensual	4 horas	Retirar el material atrapado y sedimentado en el paramento aguas arriba del dique o muro transversal de captación. Responsable: El operador.
Mensual	4 horas	Levantar las rejillas metálicas y barrer el fondo del cajón de recolección; si es necesario meter una pequeña pala para retirar material sedimentado. Enjuagar el cajón de recolección a fin que la superficie quede libre de arenas y lodos. Terminada esta actividad se cerrará la válvula de desagüe y se esperará a que el nivel de agua sea superior al del orificio de salida de la tubería de paso a la conducción para habilitar la conducción, esto se tomará en cuenta a fin de que no ingrese aire a la tubería. Responsable: El operador.

Materiales requeridos:

Pala, machete, balde, bailejo, tubería y lubricantes.

6.3. Operación y mantenimiento del desarenador

En la estructura del desarenador, tanto la operación como el mantenimiento, son simples pues no presentan mayor dificultad.

6.3.1. Operación.

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Diaria	1 hora	Control del caudal que ingresa a la conducción. De notar disminución, inspeccionar la obra con el fin de detectar y corregir las deficiencias encontradas.
Variable	Variable	Manipuleo de válvulas, a fin de verificar que giren con facilidad y no existan obstrucciones en el desagüe.
Variable	Variable	Verificar si existen indicios de roturas, fisuras y fugas.

6.3.2. Mantenimiento.

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Mensual	2 horas	Limpieza del desarenador (la frecuencia se ajustará según experiencia local). Responsable: El operador.
Trimestral	4 horas	Inspección del estado de mantenimiento de la estructura Responsable: Promotor
Semestral	4 horas	Revisión de válvulas y elementos de operación y repararlos de ser el caso. Responsable: El operador y promotor.

Materiales requeridos:

Pala, machete, barreta, picos, cepillo metálico, juego de llaves, pintura anticorrosiva, balde, bailejo, empaques y lubricantes.

6.4. Operación y mantenimiento de la conducción

Los problemas que generalmente se presentarán en la conducción del sistema de abastecimiento para la estación agropecuaria de la UTPL pueden ser los siguientes:

- Obstrucción parcial o total de la tubería por deficiente funcionamiento de las válvulas de aire y/o desagüe. Esta deficiencia se nota por la disminución o irregularidad del caudal de llegada, desde la fuente. En el caso de estar instaladas válvulas de tipo manual, se corrige generalmente la obstrucción con la operación de las mismas.
- Obstrucción total o parcial de la tubería, por falta de válvulas, a causa de un diseño deficiente, tal circunstancia se advierte en la misma forma que la anterior. Para corregir el problema, es necesario comunicar a la unidad de Operación y Mantenimiento, con el fin de que el personal técnico proceda a solucionar el caso
- Roturas de tubos, por diversas causas como sobrepresiones internas, obstrucciones bruscas, acciones externas, fallas en la calidad del material, desplazamientos horizontales o verticales de la línea, no absorbidos por las juntas, soportes o anclajes,

etc., deben ser detectados y corregidos mediante la reparación y/o reposición de los tubos en mal estado.

- Deficiente limpieza y desbroce de la conducción, para una adecuada inspección de la misma.
- Fugas por causas diversas, que se detectan por inspección minuciosa de la línea. Cualquier área húmeda anormal sobre la línea enterrada, debe ser explorada. Se corrige la anomalía, con la reparación correspondiente.
- Maniobras rápidas de las válvulas que producen sobre presiones en las tuberías, llamadas golpe de ariete que pueden producir roturas.

NOTA: A fin de evitar el golpe de ariete, debe operarse lentamente el cabezal de la válvula, con tiempos mayores a 5 segundos.

6.4.1. Operación

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Diaria	5 min	Control de la descarga en el tanque de reserva mediante el aforo, para verificar el funcionamiento normal de la conducción.
Mensual	Variable	Manipuleo controlado de válvulas para verificar su correcto funcionamiento. Verificar si existen obstrucciones en las válvulas de desagüe. Observar si existen indicios de roturas, fugas o conexiones ilícitas.
Trimestral	Variable	Verificar si existen lugares en los cuales la conducción no esté instalada a suficiente profundidad.

6.4.2. Mantenimiento

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Mensual	4 horas	Purga de válvulas y limpieza de tanques rompe presión. Responsable: El operador.
Variable	4 horas	Apertura de válvulas de aire y verificar el funcionamiento de las mismas. Responsable: El operador.
Trimestral	2 días	Limpieza y desbroce de la línea de conducción. Responsable: El operador.
Semestral	1 día	Inspección del funcionamiento hidráulico y mantenimiento de la línea. Responsable: Promotor.
Semestral	Variable	Corregir la conducción en lugares donde esté instalada a profundidad insuficiente la tubería. Responsable: Promotor.

Materiales requeridos:

Machete.

6.5. Operación y mantenimiento de los tanques de almacenamiento

- Todos ellos se operan y mantienen siguiendo los mismos principios, e inclusive los problemas que se presentan se refieren más a las deficiencias de operación de válvulas y la falta de mantenimiento. Es necesario realizar adecuadamente la operación de válvulas y revisar las tuberías en cada una de las válvulas.

- Es recomendable lograr que la reserva siempre se encuentre con agua, con una carga mínima de 30cm, con lo cual se logrará que las tuberías de la red se encuentren presurizadas, de lo contrario ingresara aire a las mismas, con la consiguiente baja de presión y problemas consecuentes.

- Los depósitos de almacenamiento deberán operar y mantener de acuerdo a las siguientes recomendaciones:
    - La tapa de inspección debe ser asegurada con un dispositivo apropiado para evitar que personas extrañas lo muevan.
    - Si se observa fugas en la estructura de reserva se debe proceder a una reparación inmediata, si ocurre esto o cuando se sospeche que hay contaminación de la misma se procede a su desinfección, para lo cual se debe:
        - Vaciar totalmente la unidad, abriendo la válvula de desagüe.
        - Limpiar con una escobilla el fondo del tanque.
        - Cerrar la válvula de salida y de desagüe, para abrir la de entrada, dejando que se llene, luego de lo cual ésta se cierra.
        - Agregar la solución de hipoclorito de calcio de 10 p.p.m., en la reserva, durante 4 horas por lo menos, transcurrido este tiempo se vacía el tanque a través del desagüe respectivo.
    - Su limpieza y desinfección se realizará por lo menos cada 3 meses.

6.5.1. Operación

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Diaria	1 hora	Manipuleo y operación de válvulas según régimen de servicio
Diaria	1 hora	Control de la descarga en el tanque de reserva.

-

6.5.2. Mantenimiento

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Semanal	10 minutos	Mantener cerradas y aseguradas las tapas de inspección de cada depósito. Responsable: El operador.
Mensual	2 horas	Limpieza de los sedimentos sin ingresar al interior del tanque, únicamente se meterá una escoba para remover sedimentos que se evacuarán con la apertura del sistema de desagüe ubicado al final del sistema de depósito.

		Al realizar esta actividad se deberá deshabilitar el paso a la red de distribución de estos depósitos, dejando activos al resto. Limpieza exterior de todos los equipos, filtros, tuberías, tanques. Responsable: El operador.
Trimestral	2 horas	Limpieza y desbroce del área adyacente a la planta Responsable: El operador
Semestral	2 horas	Verificación del funcionamiento e inspección de mantenimiento de grietas o fugas. Responsable: El promotor y técnico encargado.
Anual	1 día	Revisión del funcionamiento de las válvulas y corrección si es necesario.
Anual	Variable	Adecuaciones y pintura general del tanque. Reparación de la caseta y/o cerramiento. Responsable: El operador y ayudantes.

Materiales requeridos:

Palas, balde, escoba, juego de llaves, pintura, brocha, cloro, cemento, lubricante.

A continuación, se adjunta el manual de operación y mantenimiento de la planta compacta potabilizadora de agua otorgado por la empresa NyF de Colombia, perteneciente al modelo utilizado en el presente proyecto.

MANUAL DE OPERACIONES

ekoPlanta

Portable Water Treatment

NyF De Colombia

ENERGIZADO

Al llevar este interruptor a posición ON permite el paso y flujo de la corriente eléctrica en la caja de control de la planta Potabilizadora EPF.

ULTRAVIOLETA

Al llevar este interruptor a posición **ON**, estamos permitiendo el ENCENDIDO inmediato del módulo **ULTRAVIOLETA** para eliminar hasta el 99.9% de virus bacterias

IONIZADOR

Al llevar este interruptor a posición **ON**, estamos permitiendo el energizado (paso de corriente) a la caja de control de la unidad **EPF**, proceso que energizara la BOARD (Tarjeta madre) del **IONIZADOR KDF**

MANEJO DE LA POTENCIA DEL IONIZADOR

ENCENDIDO DEL SISTEMA

MENOR POTENCIA

MAYOR POTENCIA

POLARIDAD IONZADOR: Al Encender el interruptor Ionizador, La variación de polaridad de las placas KDF enciende. Este operada de por secuencia de colores (+ y -) durante 30 a 60 seg cada uno



DOSIFICADOR

Este interruptor gobierna la bomba dosificadora peristáltica ubicada en el tanque PRFV de 14" al lado derecho de la planta – ideal para dosificado de Hidróxido de calcio (Opcional para manejo de dureza cálcica y/o nivelación de pH)

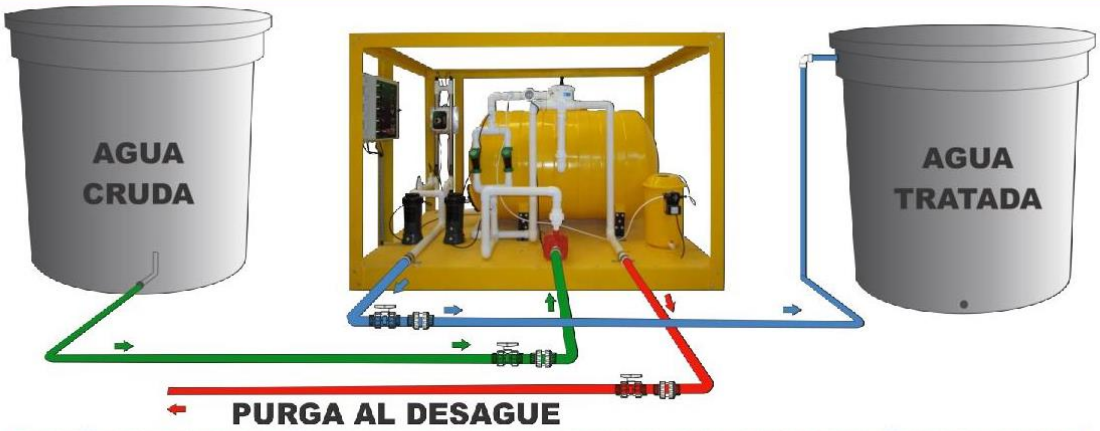
ELECTROBOMBA

Este interruptor gobierna la bomba de alimentación incluida dentro de la planta. Al llevarlo a posición ON, se permite el ingreso de agua para su respectivo tratamiento dentro de los módulos del sistema.



PARADA DE EMERGENCIA! manipular **SOLO** en caso de requerirse la interrupción inmediata de la alimentación eléctrica a la caja de control de la planta.

RECOMENDACIONES PARA SU INSTALACIÓN



La Planta potabilizadora de agua **EPF – 80** cuenta con 3 acometidas debidamente identificadas así:

- **ENTRADA AGUA:** Acople para interconexión con la tubería proveniente del tanque de sedimentación que conduce el agua cruda y que se pretende tratar.
- **AGUA TRATADA:** Acople para interconexión con la tubería que conducirá el agua tratada por la planta al sistema de almacenamiento de agua tratada.
- **AGUA DE PURGA:** Este acople deberá estar interconectado con el sistema de desagüe o alcantarillado para su descarte. De esta acometida saldrá el agua descartada en el proceso de lavado del filtro sílice.

***IMPORTANTE:** la interconexión entre la unidad potabilizadora y las tuberías de conducción de agua, se deberá realizar mediante universales roscadas, que permitan desconectar la planta en ocasiones que se requiera. De igual forma se deberá instalar llaves de Cierre rápido en PVC que permita bloquear el paso de agua a la planta en caso de una eventualidad. *(En Proceso de Filtrado, estas llaves de paso instaladas deberán estar siempre en posición abierta)*

ANTES DE ARRANCAR LA PLANTA POR PRIMERA VEZ

- Verificar las interconexiones hidráulicas se encuentren debidamente acopladas a las respectivas tuberías
- Verificar que las llaves PVC instaladas (por el cliente final) a la entrada, salida y Purga de agua estén en posición **ABIERTA**
- Verificar que las **LLAVES AZULES** ubicadas en la tapa Manholle y Handhole del filtro de arena se encuentren en **POSICIÓN CERRADA**
- El Dosificador de Floculante deberá estar cargado con **SULFATO DE ALUMINIO TIPO A**. Este tiene capacidad de carga 9 lbs, la carga ideal sería de 2 lbs con el objetivo de permitir la entrada de agua para diluir el reactivo, La perilla para control de dosificación deberá estar en posición 1/8 (Se deberá ajustar según la turbiedad del agua de entrada a la planta.
- El Dosificador de Cloro deberá estar cargado con **HIPOCLORITO DE CALCIO (70%)** Este tiene capacidad de carga 9 lbs, la carga ideal sería de 1 kg con el objetivo de permitir la entrada de agua para diluir el reactivo, La perilla para control de dosificación deberá estar en posición 1/8 (Se deberá ajustar según la contaminación por microorganismos presentes en el agua.
- **Al ARRANCAR LA PLANTA POR PRIMERA** vez se recomienda realizarlo en proceso de **LAVADO Y RETRO LAVADO,** esto con el objetivo de acomodar y lavar el lecho filtrante (Arena y grava) ubicado dentro del tanque de Filtración. Leer indicaciones de Lavado y retrolavado en el Apartado **OPERACIÓN DE LAVADO Y ENJUAGUE DEL FILTRO EN FIBRA DE VIDRIO** (página 4 de este manual)

OPERACIÓN DE POTABILIZACIÓN

PASO 1

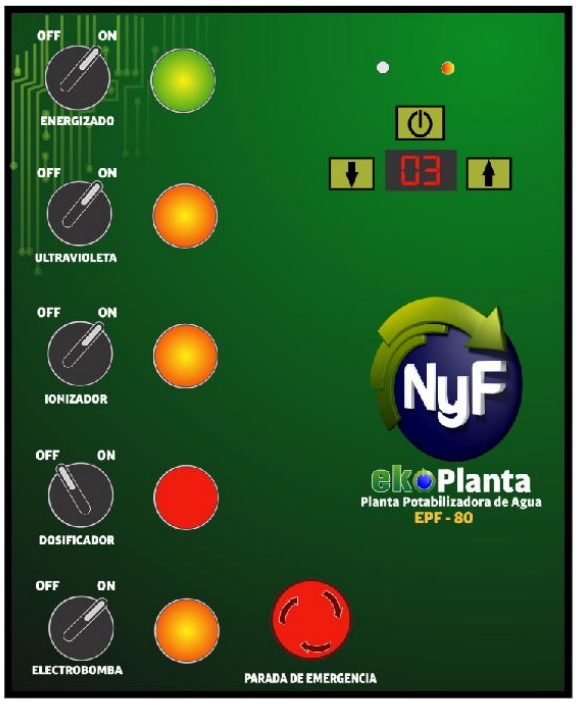
Energizamos la caja de control llevando a POSICIÓN **ON** el interruptor **ENERGIZADO**

PASO 2

Encendemos el filtro reactor **UV** llevando a POSICIÓN **ON** el interruptor **ULTRAVIOLETA** de la caja de control

PASO 3

Encendemos el **IONIZADOR** llevando a POSICIÓN **ON** el interruptor **IONIZADOR** de la caja de control.
Ubicamos el tablero de control de medición de la potencia del **IONIZADOR**, en caso de estar apagado presionamos el botón **POWER** para encenderlo. Si ya está encendido, el tablero deberá están en **POSICIÓN 03.** Con los botones de aumentar y disminuir potencia , podemos establecer la potencia deseada. (**SE RECOMIENDA 03**)



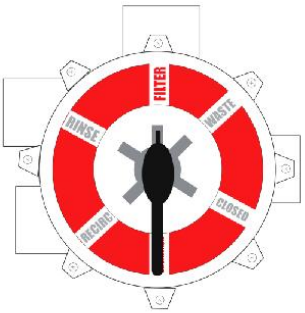
PASO 4

Encendemos la **ELECTROBOMBA** de alimentación llevando su respectivo interruptor a posición ON.

Llevar la válvula Multiport del filtro de arena a posición **FILTER.**

RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE LA VÁLVULA MULTIPORT

- Mover la palanca de la Válvula Multiport Siempre en el mismo sentido de las manecillas del reloj
- Para manipular la válvula multiport, la Electrobomba que alimenta de agua a la unidad potabilizadora deberá estar apagada.

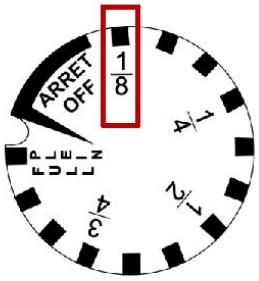


CARGUE DE LOS DOSIFICADORES QUÍMICOS

Los dosificadores químicos (Floculante y Cloro) deberán ser cargados con sus respectivos insumos:

- **Floculante:** Sulfato de Aluminio Tipo A
- **Cloro:** hipoclorito de calcio en Tabletas o granulado al 70%

La posición ideal de la perilla de dosificación de dichos dosificadores deberá ser 1/8.
En el caso de tratamiento de aguas lluvias o aguas provenientes de acueductos, con una alta clarificación (Menor a 10 NTU) no se requerirán dichos insumos.



OPERACIÓN DE LAVADO Y ENJUAGUE DEL FILTRO EN FIBRA DE VIDRIO

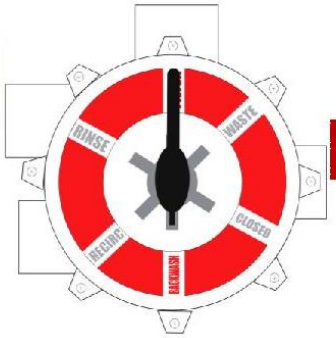
Para el lavado del tanque filtro en fibra de vidrio, se deberá realizar con agua clarificada, preferiblemente agua tratada por la estación **EPF**. Este proceso se debe realizar obligadamente 1 vez al día después de terminar el proceso de operación de la planta. Si se observa sobre presión en la Bomba de Alimentación y/o disminuye el caudal del agua tratada por la planta, se deberán realizar retro lavados intermedios.

PASO 1

Apagamos la **BOMBA DE ALIMENTACIÓN** o cerramos el acceso de agua cruda a la planta.

PASO 2

Llevamos a Posición **BACKWASH** la válvula multiport ubicada en el tanque de filtración (Siempre en el mismo sentido a las manecillas del reloj



PASO 2

PASO 3

En la caja de control ubicamos el interruptor **ELECTROBOMBA** que gobierna la motobomba de lavado y lo llevamos a Posición ON

NOTA

Durante el proceso de retro-lavado el agua entra en contraflujo al tanque de filtración permitiendo que el agua limpia arrastre consigo todas las partículas y sedimentos retenidos en la cámara interna del filtro y descargarlos por la acometida de purga directamente al sistema de alcantarillado y/o cualquier otro sistema de recuperación de agua.

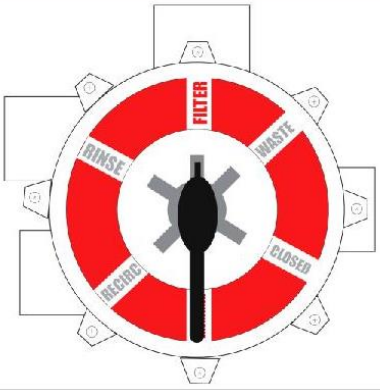
El proceso de retrolavado se realiza durante un tiempo de 2 a 5 minutos, o hasta observar salir agua clarificada por la mirilla de verificación (transparente) ubicada en la válvula multiport y por l acometida de purga.

AL TERMINAR EL PROCESO DE LAVADO

Una vez terminado el lavado del tanque filtro en Fibra de Vidrio, procederemos con los siguientes pasos:

- **PASO 1:** Apagamos el interruptor **ELECTROBOMBA**
- **PASO 2:** Llevamos la perilla de la válvula multiport a posición FILTER (El giro de dicha manecilla de realiza en el mismo sentido de las manecillas del reloj y siempre después de haber apagado la bomba de lavado)

Si deseamos nuevamente empezar a potabilizar, deberemos encender la **BOMBA DE ALIMENTACIÓN** y permitir el ingreso de agua.



MANTENIMIENTO DE LA LÁMPARA UV Y ELECTRODOS

MANTENIMIENTO DE LOS ELECTRODOS





Después de varios meses usted verificará la condición de los electrodos, observando a través de la ventana de registro de la celda electrolítica, que poseen todos Ionizadores de **NyF De Colombia**. Si al observar el agua fluir entre los electrodos usted aprecia suciedad o incrustaciones sobre estos, deberá extraerlos, en una simple maniobra sin herramientas, y limpiarlos con una escobilla bajo un chorro de agua.

Pasados 12 meses se deberá reemplazar los electrodos por unos nuevos, dado que estos se consumen a medida que trabajan.

MANTENIMIENTO DE LA LÁMPARA ULTRAVIOLETA






El mantenimiento es sencillo, solo se debe limpiar la lámpara Ultravioleta con un paño impregnado con alcohol cada 15 días.

Pasos para retirar la lámpara de la cámara de esterilización.

Paso 1: Primero Debemos retirar la conexión eléctrica de la lámpara UV, desenroscando el anillo de seguridad del conector

Paso 2: Una vez retirada la conexión eléctrica de la lámpara UV, procedemos a girar las Abrazadera Arroscada de Presión *(en ambos lados del equipo)*. En este paso debemos ejercer una cantidad mínima de fuerza, y con mucho cuidado, para evitar causar daños en la lámpara UV.




Paso 3: Una vez retirada la Abrazadera Arroscada de Presión, encontramos un tapon de seguridad (Color Amarillo), lo halamos un poco y desconectamos los conectores internos de los pines metálicos de la lámpara UV (Este procedimiento de deberá realizar en ambos lados del sistema y utilizando la menor cantidad de fuerza posible.




Paso 4: Debemos retirar el empaque de seguridad de la lámpara UV de un lado primera y luego del lado posterior para así poder retirar la lámpara UV de la recamara de esterilización. Este paso de debera realizar con mucha precaucion para evitar romper la lámpara.

PASO 5: Sea por mantenimiento o por cambio de lámpara, debemos limpiarla previamente y suavemente con paño impregnado Alcohol antiséptico y luego dejar secar por tiempo de 1 minuto, luego con un paño de tela limpio debemos limpiar, para evitar que quede restos de alcohol en la lámpara y modifique el sabor del agua.

Paso 6 Introducir la lámpara en el compartimiento, buscando que quede en una posición centrada, luego colocamos los empaques retenedores en la lámpara, evitando que dicha lámpara tenga movimiento dentro del compartimiento. Una vez hecho esto, procedemos a colocar las conexiones de los pines la lámpara UV, colocamos la abrazadera arroscada de Presión, y posteriormente conectamos los cables de conexión eléctrica a la lámpara UV. Realizado esto ya podemos utilizar nuevamente nuestra filtro ultravioleta.

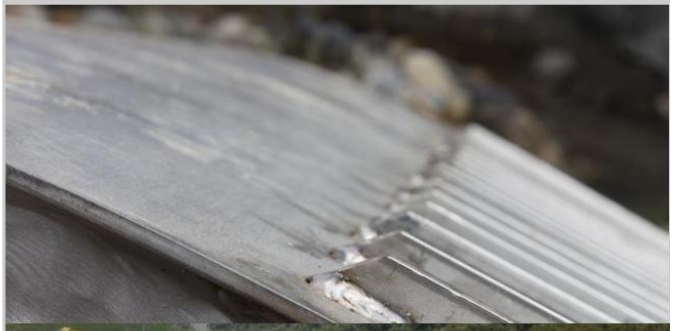
ANEXO 7. PROFORMAS

Anexo 7.1. Rejilla Coanda.

Coanda BOX- 2.83 lt/s CBS 0.10-1

Proyecto Captación de Agua

Propuesta : Provisión Coanda Box



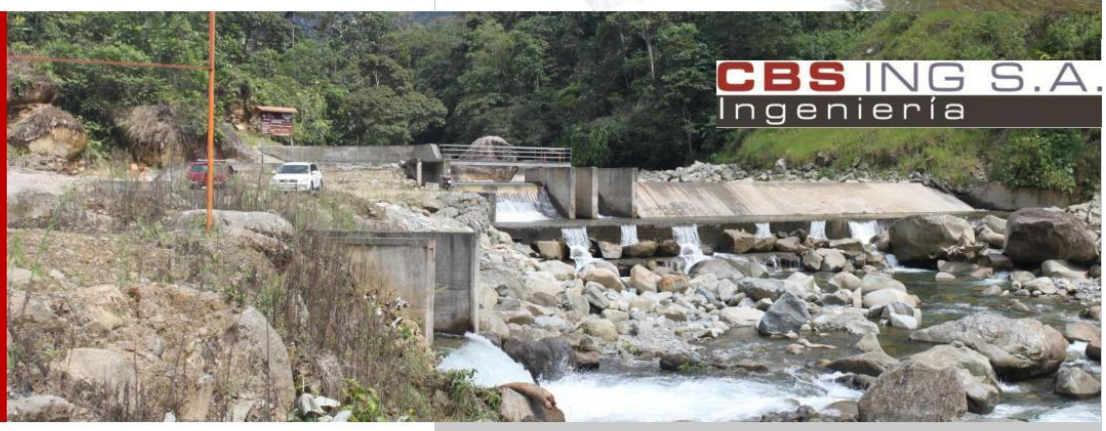




Prepared for:
Ing. XXXXXXXXXXXXX

Quito, XXXXXXXxx 2018

COANDA BOX



CBS ING S.A.
Ingeniería

Contact Information

CBS INGENIERIA
Trading as CBS INGENIERIA
ABN Insert ABN

Manuel Mogollón N45-29

Telephone: +593 9 9 917 1439
Facsimile: +593 2 2 456 6296
International:

abarahona@cbs-ingenieria.com
www.mallacoanda.com

Document Information

Prepared for	Ing. XXXXXXXXXXXXX
Project Name	Proyecto Captación de Agua
File Reference	2017 12 12 HSJM
Job Reference	Provisión Coanda Box
Date	Quito, XXXXXXXxx 2018

Document Control

Version	Date	Description of Revision	Prepared By	Prepared (Signature)	Reviewed By	Reviewed (Signature)
	18/02/20	Propuesta Coanda	FGC		ABD	
	Date		Initial		Initial	
	Date		Initial		Initial	
	Date		Initial		Initial	

Version	Reason for Issue	Approved for Release By	Approved (Signature)	Approved Release Date
		Initials		Select Date
		Initials		Select Date
		Initials		Select Date
		Initials		Select Date

Resumen Ejecutivo

CBS Ingeniería empresa ecuatoriana orientada a la entrega de soluciones integrales de ingeniería, conformada desde 1976 y constituida como sociedad anónima desde 2010, su objeto principal es brindar servicios de construcción y consultoría en ejecución de obras de Ingeniería, generando valor a nuestros clientes a través de la aplicación de altos estándares de calidad, satisfacer todas las necesidades técnicas, de calidad, seguridad, gestión ambiental y responsabilidad social.

Su actividad principal se centra en el diseño o rediseños, supervisión y ejecución de proyectos asociados al sector hidroeléctrico, sector de agua potable y en general proyectos hidráulicos que se convierte en su sector importante de negocios, todos estos proyectos están en operación y son un modelo para otros proyectos de similares características.

Una de las actividades principales de CBS Ingeniería ha sido probar, evaluar e implementar nuevas tecnologías en el ámbito de ingeniería, entre estas se desde hace 6 años trajo la primera malla Coanda instalada en Ecuador y la segunda en Latinoamérica. Desde esta fecha se han montado en Ecuador 5 mallas de caudales entre 400 lt/s y 2500lt/s.

CBS Ingeniería presenta un diseño de una propuesta para la malla Coanda de esta captación, la cual tiene una capacidad de 2.83 lt/s.

Table of Contents

Proyecto planta prefabricada Malacatos 1

1 Propuesta Técnica 5

1.1 Antecedentes 5
1.2 Objetivo 5
1.3 Productos a entregar 5
1.4 Especificaciones Técnicas de la Malla 6
1.5 Servicios que se excluyen 7
1.6 Insumos a ser entregados por el Cliente 7

2 Propuesta Económica 8

2.1 Precio y forma de pago 8
2.2 Plazo 8
2.3 Condiciones de la propuesta 8

3 Planos Preliminares de la Propuesta 9

1 Propuesta Técnica

1.1 Antecedentes

Se solicitó a CBS Ingeniería una propuesta de una COANDA BOX para la captación de agua potable con una malla para un caudal de diseño de 2.83 Lts/s.

Con estos antecedentes CBS Ingeniería entrega esta propuesta en la que se encargará del diseño, importación, logística, provisión, y dirigirá el montaje y pruebas de funcionamiento de las mallas. La calibración de la captación y sistema será responsabilidad del propietario.

1.2 Objetivo

El objetivo de la propuesta es entregar una solución que se adecue a las características del proyecto y proveer un malla o rejilla Coanda.

1.3 Productos a entregar

Los productos a entregar serán:

- Diseño final de taller a ser aprobado por el cliente.
- Sistema de Malla Coanda que incluye.
  - Malla Plana tipo Coanda con protección para sedimentos.
  - Caja de acero inoxidable a ser embebida en hormigón, parte del coanda box.
  - Placa de aceleración.
  - Vigas y marcos de soporte.
  - Los sujetadores, mecanismos de fijación al hormigón que debe ser elaborado una vez colocada.
  - Anclas al hormigón o epóxidos.
- Planos de los construido (as built).
- Manuales de instalación y mantenimiento.
- Pruebas estándares en fábrica.
- Certificado del fabricante de conformidad de los materiales y pruebas de fábrica.
- Garantía técnica de 6 meses.

Excluye: Servicio de coordinación del montaje**,** Equipo para cargar y descargar la rejilla el cual deberá ser provisto por el constructor (podrá ser gallineta, cargadora, excavadora, grúa, u otro); electricidad para realizar las perforaciones (en caso que existe energía eléctrica en el sitio proveer una planta para el uso del taladro); personal no calificado (dos personas que ayuden con el trabajo.); no incluye los materiales ni equipos para el hormigonado de segunda etapa (como son el grout u otro, concretera de ser necesario).

1.4 Especificaciones Técnicas de la Malla

Normas y estándares
Las Mallas Coanda serán construidas de acuerdo a las especificaciones contenidas en el presente documento y la normativa que se usara es:

> Design Guidance For Coanda-Effect Screens (USBR)
> American Iron and Steel Institute (AISI).
> American National Standards Institute (ANSI).
> American Society for Testing and Materials (ASTM):
> A36 - Structural Steel.
> A48/A126 - Gray Iron Castings.
> A322: Carbon and Alloy Steel Bar.
> National Electrical Manufacturers Association (NEMA).
> Underwriter's Laboratories (UL).

Control y Aseguramiento de Calidad
> No se utilizará equipos o componentes de otros fabricantes.
> El Fabricante será una firma dedicada a la fabricación de equipos de este tipo.
> El Fabricante demostrará tener al menos cinco (5) años de experiencia en el diseño y fabricación del tipo de malla propuesto.
> El Fabricante demostrará a por lo menos cinco (5) instalaciones similares con caudales iguales o superiores.

Entrega, almacenamiento y manejo:

Envío Preparación: Se preparará la malla para su envío de manera de facilitar la descarga y manipulación, y para proteger contra el daño o la exposición innecesaria durante el transporte y almacenamiento. Incluye:

a. Se usarán las cajas y otros materiales de embalaje adecuados, con las respectivas manijas, anclajes, agarraderas y demás elementos para izaje y sujeción.

Marcado

a. Se etiquetará y/o marcará cada artículo de equipo o material como se identifica en el cronograma de entrega e incluir el packing list (detalle de la lista de envío y sus precios) de materiales con cada envío de embalaje completas. Cada pieza de cada elemento no necesita ser marcada siempre y cuando todas las piezas de cada artículo se embalan o agrupados y los paquetes o bultos que estén correctamente etiquetados y marcados.

En caso de requerirse, se marcará las entregas parciales de partes componentes del Equipo para identificar el equipo, para permitir la fácil acumulación de partes, y para facilitar el montaje.

Parámetros de diseño utilizados alternativa 1 apertura 1 mm:

Captación de agua cruda Parámetros de diseño:

> Capacidad de captación: 2.83 lt/s
> Caudal de Diseño incluido sobre dimensión: 3.5 lt/s
> Dimensiones: 305 longitud, 305 ancho, 102 altura en mm
> Espaciamiento de filamentos (apertura): 1 mm
> Ancho de los filamentos: 3/16 - 10
> Angulo de los filamentos: 7°

El diseño final de la Malla será responsabilidad del fabricante basado en las especificaciones contenidas en este documento y que será aprobado por el constructor.

Soldadura
> Todas las soldaduras serán realizadas en acero al carbono y acero inoxidable cumplirán la norma AWD D1.6. y todos los soldadores será certificada con las normas AWS D1.6.
> Todo la soldadura GMAW y GTAW con de relleno de alambre será ER308L.
> Los filamentos de la malla se unirán a las barras de soporte serán realizados con soldadura continua GTAW se controlará y monitoreará durante el proceso de soldadura.
> Todas las soldaduras GTAW deberán ser continúa sin desplazamiento de secciones.
> Los estándares de soldadura para la unión de los filamentos de la malla con las barras de soporte seguirán los estándares de manufactura del fabricante para asegurar solamente la mejor calidad y consistencia del producto.
> Solamente se aceptará mallas soldadas GTAW (TIG) hechas en plano. Soldadura por resistencia o mallas soldadas en forma cilíndrica y rolados en plano NO serán realizadas en ningún momento.

Materiales
> Estructura de placa de aceleración y barras de soporte: ASTM A276 Tipo 304 de acero inoxidable.
> Filamentos de la Malla: ASTM Tipo 304 / 304L de acero inox
> Fijaciones y anclajes: ASTM F593 Tipo acero inoxidable 316

Capacidad
> La malla permitirá el flujo de máximo de 0.05 m3/s.
> La malla soportará un flujo de máximo 2 m de carga sobre la misma
> La malla soportará el paso de rocas de 80 cm de diámetro
> La malla SI incluirá las costillas de refuerzo

Control de calidad
> Certificado del fabricante sobre el cumplimento de los materiales y las pruebas en fabrica.
> Especificaciones de embalaje, almacenamiento, protección y manual de instrucciones
> Manual de operación y mantenimiento.

1.5 Servicios que se excluyen

Se excluyen de esta consultoría los siguientes:
> Estudios hidrológicos y meteorológicos.
> Estudios de sedimentología.
> Cálculo de crecidas del río.
> Construcción de obra civil.
> Grúa para montaje de la malla que deberá ser provista por el contratante.
> Bodegaje y almacenamiento en caso de que la obra civil no esté lista.

1.6 Insumos a ser entregados por el Cliente

El cliente deberá entregar:

> Informes y estudios realizados.
> Esquemas o planos del proyecto hacer desarrollado.
> Obra civil terminada para el montaje.
> Equipo para el montaje tipo grúa, gallineta o excavadora para poder levantar, movilizar y colocar el sitio la o las mallas.
> Hormigones de segunda etapa, fluido y autonivelante, para anclaje final de preferencia tipo Grout.

2 Propuesta Económica

2.1 Precio y forma de pago

El precio de la Malla Coanda Plana sin Costillas de Protección de presente propuesta colocada en sitio por un valor de U$ 1,585.86

Forma de Pago	Hito del pago
80%	A la firma del contrato.
20%	Al Pick up en fábrica en Ecuador

Estos valores no incluye el IVA.

2.2 Plazo

> 15 días para la desde el pago del anticipo para la entrega del diseño final a ser aprobado por el cliente.
> 30 días para la producción en fábrica desde la aprobación del diseño por el cliente.
> 30 días para transporte aduanas y entrega en sitio.
> La entrega se realizará en las oficinas de CBS Ingeniería de la cuidad de Quito

2.3 Condiciones de la propuesta

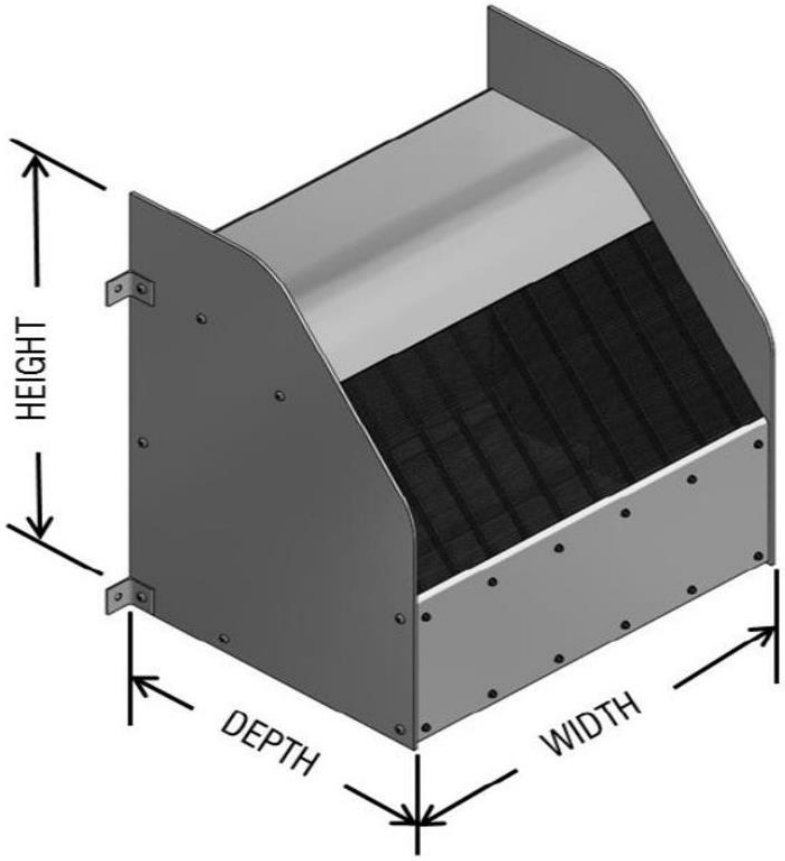
La presente propuesta tiene una validez de 45 días, posterior a este plazo la misma podrá sufrir variaciones en el precio, plazo.

En el caso de existir ajustes en los Aranceles y/o Salvaguardas por parte del gobierno nacional se realizarán las correcciones de precio necesarias a la presente propuesta.

3 Planos Preliminares de la Propuesta

Los planos preliminares de esta propuesta serán ajustados con los planos de taller o diseños de construcción que serán entregados para aprobación.

El esquema general del producto será como se muestra.



Anexo 7.2. Planta compacta potabilizadora de agua.

Ingeniería en agua
26 años de experiencia

Cra 68 No. 76 -117 - PBX (5) 360 66 88 - 360 48 96 - 301 317 90 17
info@nyfdecolombia.com - www.nyfdecolombia.com
Barranquilla - Atlantico

Fecha: 06-feb-18
Elaborada Por: **Jairo Lizarazo**

COTIZACION # **20180206-JD'23**

DATOS DEL CLIENTE				159
CLIENTE:	**MICHELLE NATHALY QUEZADA**		**TELEFONO:**	593 991 39 0951
E-MAIL:	lyon7@hotmail.es		**CIUDAD:**	ECUADOR
CONTACTO:	MICHELLE NATHALY QUEZADA		**FORMA DE PAGO**	50% a solicitud de Compra - 50% antes del despacho de la mercancia
Duracion	**12**	Dias habiles		

COD	CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	IMPORTE
EPF C- 14	1	Planta Compacta Potabilizadora de Agua con capacidad para procesar hasta 500 litros/hora - Ref: EPF -C 14 - Incluye Modulos de Floculación en Línea, Micro filtración, Ionización KDF, Cloración y Radiación Ultravioleta, Tanque floculador ascendente Rectangular en fibra de vidrio que permite tratar hasta 250 Ntu	USD 4.962,96	USD 4.962,96
Observaciones:			**SUBTOTAL**	USD 4.962,96
Precio EXW		No incluye transporte ni instalacion. Nuestra empresa enviara los equipos hasta cuidad destino, el valor del flete lo cancelara el comprador	**TOTAL**	**USD 4.962,96**

Forma de pago: 50% - 50%	50% a solicitud de Compra - 50% antes del despacho de la mercancia
GARANTIAS:	2 año (s) por defectos de fabricacion o fallas en la materia prima, 6 meses componentes electrico/mecanicos
VALIDEZ DE LA OFERTA:	30 Dias despues de Emitida la Cotizacion.

(Autorizada Por)

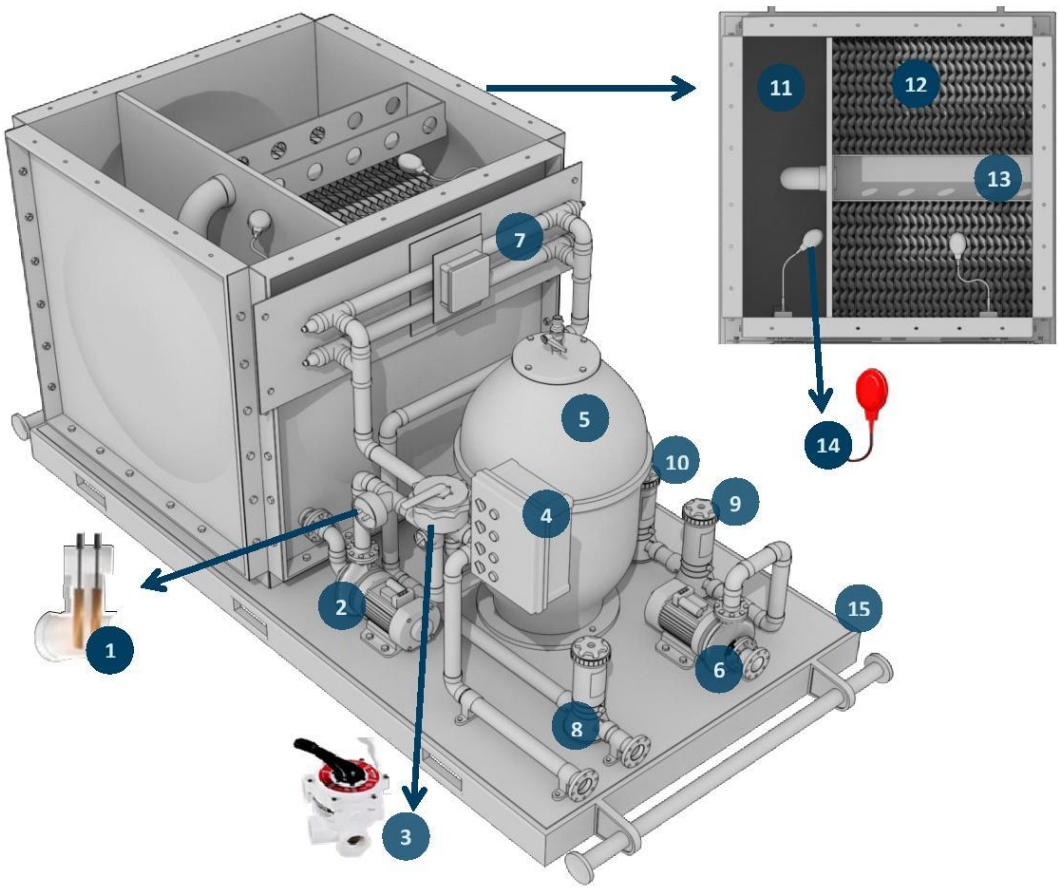
(Recibida Por)

Ficha Técnica

EPF C- 14



NyF De Colombia - Ingeniería en Aguas
PBX: (57 - 5) 360 66 88 - 360 48 96 Cels: 3013179017
Carrera 68 No. 76 - 117 Barranquilla - Colombia
info@nyfdecolombia.com www.nyfdecolombia.com



1 Electro Ionizador KDF.

2 Bomba de proceso de filtración, esterilización y retro lavado.

3 Válvula multiport.

4 Caja de control y manejo

5 Filtro sílice.

6 Bomba de alimentación de proceso de floculación decantación.

7 Reactor Ultravioleta

8 Dosificador de floculante.

9 Dosificador de coagulante y/o nivelador de PH.

1 Dosificador de Cloro.

11 Cámara de clarificación.

12 Panel lamelar.

13 Canal colector Parshall.

14 Electro boya de nivel.

15 Patín de soporte en fibra de vidrio y/o acero (opcional).

FICHA TÉCNICA

- Fabricante: N Y F Ingeniería en Aguas SAS
- Ref: **EPF C- 14**
- Material de fabricación: fibra de vidrio (PRFV)
- Aplicación: Tratamiento de Agua Potable
- Caudal de Diseño: **500 litros/hora (0.13 LPS)**
- Acometidas hidráulicas: 1"
- Presión de trabajo: 15 a 25 PSI (presión ideal 20 PSI)
- Acometidas Eléctricas: 110 V – 60 Hz
- Consumo eléctrico: 650 Wattios
- **COMPONENTES:**
- **MODULO DE DESBASTE:** Filtro Y con malla mesh con capacidad para retener solidos suspendidos y elementos arcillosos superiores a 120 mesh (0.12 mm), ayuda a la separación de Nematodos presente en el agua
- **TANQUILLA PARA FLOCULACIÓN DECANTACIÓN Y CLARIFICACIÓN:** Contamos con una interface que incluye los anteriores procesos descritos de manera compacta, garantizando un tiempo de retención o estadía dentro de los parámetros exigidos por el RAS2000 (Título B) con vigencia actual. Está construida en fibra de vidrio con un diseño estructural hidrodinámico de alta resistencia y facilidad de mantenimiento.
- **DESODORIZACIÓN Y ELIMINACIÓN DE METALES PESADOS:** Dispositivo electrónico digital para proceso de Ionización electrolítico KDF (electrolisis modificada) para reducción de metales pesados, eliminación de olores, sabores extraños, algas y reducción de químicos cancerígenos.
- **FILTRACIÓN:** 1 Filtro vertical en Fibra de Vidrio de 35 cms de diámetro x 45 cms de alto – incluye lecho Filtrantes Multicapa (Grava 2 – 4 y arena sílice 12 – 20 y 20 - 30) y juego de llaves en PVC para para manejo de operaciones de filtrado y lavado del tanque filtro.
- **CLORACIÓN EN LÍNEA:** Dosificador en línea por diferencial de presión de cloro (Hipoclorito de Calcio en tabletas al 70%) capacidad de carga: 4.2 lbs – Aplicación de dosis mínima de cloro residual, incluye perilla para control de dosificación
- **FILTRO REACTOR ULTRAVIOLETA:** 1 Filtro reactor Ultravioleta de 15 Wattios fabricado en PVC + Al Sl 304, incluye 1 lámpara germicida UV-C de 254 nm (conexión T8) para eliminar hasta el 99.9% de los virus y bacterias transportadas por el agua.
- **ACCESORIOS INCLUIDOS**
- Caja de control para operación semiautomática de los módulos eléctrico-mecánicos de la planta
- Electrobomba monofásica para procesos de alimentación y retro-lavados del filtro.
- Juego de llaves de cierre rápido en PVC para control de procesos de Filtrado y lavado del taque filtro.
- Estructura de Soporte en fibra de vidrio o acero al carbón para ensamble de los módulos de proceso.
- 3 acometidas hidráulicas en PVC de 1" para fácil interconexión de la planta
- 1 manómetro de 0 a 90 PSI para control de presión de entrada de agua a la planta
- 1 serpentín en PVC para mezcla rápida y homogénea de floculante/coagulante dentro del agua.



28 Años

De Experiencia

- **VALORES MÁXIMOS EN PARÁMETROS DE AGUA CRUDA A TRATAR POR LA EPF PLUS**

- ✓ Dureza Total: 150 mg/L
- ✓ Turbiedad: 250 NTU
- ✓ Conductividad: 500 ppm
- ✓ Hierro Total: 0.7 mg/L
- ✓ Color aparente: 25 UPC
- ✓ Alcalinidad: 200 ppm

Componentes Incluidos en la Planta

DESARENADO Y DESBASTE PREVIO.

Un Filtro Y con malla en Acero Inoxidable se encarga en un primer punto del desbaste previo con capacidad retener partículas y elementos arcillosos superiores a 0.12 mm, este proceso es ideal para garantizar el perfecto funcionamiento de los demás componentes de la planta.



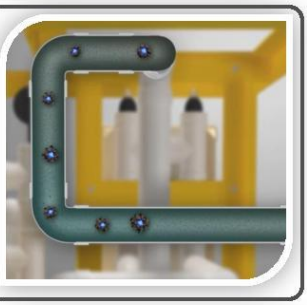
DOSIFICACIÓN EN LÍNEA DE FLOCULANTE / COAGULANTE:

Un dosificador en línea por diferencial de presión se encarga de aplicar una dosis controlada del reactivo floculante/coagulante (Superfloc C-492). El aporte de este reactivo es ideal para reducir la concentración de lodos, turbiedad y contaminantes como fosfatos dentro del agua.



MEZCLA RÁPIDA Y COAGULACIÓN EN LÍNEA

Gracias al diseño hidráulico del sistema, un serpentín de mezcla en PVC se encarga de generar remolimos de choque con el objetivo de permitir que el reactivo floculante/coagulante se mezcle con el agua de manera rápida y homogénea para la generación de floculos mayor tamaño en tiempos cortos de contacto entre elementos a floculante, reactivo químicos y agua.



DESODORIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE METALES PESADOS

La Unidad Automatizada Digital para Ionización KDF es un dispositivo electrolítico ideal para eliminar algas, micro algas. Reduce el característico olor a cloro del agua, reducción de Metales pesados como el Hierro, y reducción de químicos cancerígenos. Además impide la formación de sarro en tuberías y paredes de los tanques de almacenamiento. Durante este proceso se produce un agua con la cantidad de oxigeno suficiente para mejorar el olor y sabor de la misma.



MICRO FILTRACIÓN DE AGUA.

Filtro en fibra de vidrio con un lecho interno multicapa de arenas filtrantes, se encarga de filtrar y retener los floculos de mayor tamaño generados en el proceso de coagulación y mezcla rápida, así como también sólidos y partículas suspendidas superiores a 10 micras. En este proceso en agua es clarificada hasta con 1 NTU (Unidades de Turbidez)



DOSIFICACIÓN DE CLORO RESIDUAL.

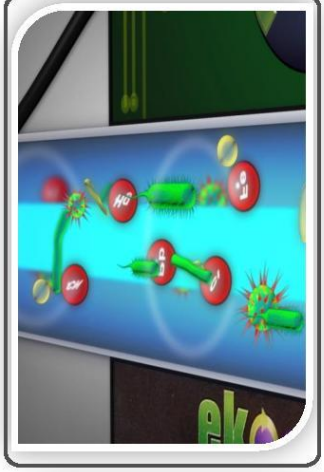
Un Dosificador por diferencial de presión se encarga de la aplicación mínima del reactivo desinfectante (Cloro – Hipoclorito de calcio en tabletas). La dosificación de una mínima cantidad de Cloro en un punto final es importante para garantizar el parámetro de Cloro residual bactericida requerido por la normatividad Colombiana.



DESINFECCIÓN POR LUZ ULTRAVIOLETA.

La Radiación Ultravioleta (UV-C) es el método natural más efectivo para eliminar microorganismos presentes en el agua, sin dejar residuos tóxicos, ni alterar las características físico químicas del Agua.

El modulo ultravioleta Se encarga de eliminar hasta el 99.9% de los virus y bacterias tales como: Escherichia Coli (E. Coli), Giardia lamblia, Legionellas, Salmanellas, Staphylococcus, entre muchas otras, causantes de enfermedades estomacales, cutáneas y demás por consumir agua contaminada. La Luz ultravioleta destruye la estructura molecular de dichos microorganismos lo que impide su proliferación.



PANEL LAMELAR

Panel lamelar tipo colmena fabricado en PVC con 60° grados de inclinación con respecto a la vertical, funciona como sistema de sedimentación de alta velocidad que desaceleran las partículas finas. Este módulo consiste una serie de tubos hexagonales que se colocan dentro de la cámara de proceso y permiten que cargas superficiales entre 4 y 10 veces mayores que las usadas en sedimentadores horizontales convencionales.



PROCESO DE FLOCUACIÓN DECANTACIÓN

Este módulo está construido con un tanque modular por atornillamiento estructural, incluye dos cámaras, la primera de decantación acompañada de un panel lamelar y la segunda de clarificación interconectadas por un colector Parshall. Se encuentra instalado en conjunto con todo el sistema de potabilización sobre una estructura de soporte tipo patín de arrastre elaborado en fibra de vidrio y/o acero al carbón.



CANAL COLECTOR PARSHALL.

Recibe el agua de la cámara de decantación a través de la rejilla y entrega el agua captada a la cámara de clarificación. Por su facilidad de construcción y de mantenimiento está diseñada en forma rectangular e instalada con una pendiente entre 1% y 14%, garantizando la velocidad adecuada para que el agua fluya previniendo la sedimentación.



Fácil **INSTALACIÓN**



Anexo 7.3. Planta embotelladora.

MEGAOZON INGENIERIA DE AGUA S.A.
RUC : 0992970588001

Canti	Descripción	Precio unit.	Precio total
1	**PLANTA-COMPACTA-ACUEDUCTO-300 BOTELLONES DIA OSMOSIS serie industrial** **POTABILIZACION** 1 FILTRO DESBARRADOR EN FIBRA DE VIDRIO DE 0,31 X 1,10 MTS CON ZEOLITA PARA FILTRAJE A 5 MICRONES 1 FILTRO EN FIBRA DE VIDRIO DE 0,31 X 1,10 MTS CON CARBON ACTIVADO PARA PURIFICACION 1 SUAVIZADOR EN FIBRA DE VIDRIO DE 0,31 X 1,10 MTS CON RESINA CATIONICA 2 PIE3 Y VALVULA AUTOMATICA 2 BOMBAS ELEVADORAS DE PRESION CENTRIFUGAS 1,5 HP PEDROLLO 2 FILTROS TIPO CARTUCHOS DE 5 MICRONES 1 LAMPARA ULTRAVIOLETA GERMICIDA DE 30 WATTS 1 MEMBRANA INDUSTRIAL DE OSMOSIS 4040 TORAY O SIMILAR 1 OZONIZADOR INDUSTRIAL DE 5 GRAMOS 1 SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO **LLENADORA** 1 LAMPARA ULTRAVIOLETA GERMICIDA 150 WATTS SERIE INDUSTRIAL 24 GALONES DOBLE BRIDA 1 PICO DE LLENADO 1 SISTEMA DE CONTROL ENCENDIDO AUTOMATICO 1 BOMBA DE ACERO INOXIDABLE **LAVADORA** 1 PUESTO DE LAVADO INTERNO CON GERMICIDA SERIE I 1 PUESTO DE ENJUAGUE INTERNO Y EXTERNO SERIE I 1 BOMBA GERMICIDA ACERO INOXIDABLE 1 BOMBA DE ENJUAGUE ACERO INOXIDABLE 1 SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO **1 TAPONADORA** ACCIONAMIENTO MANUAL **1 TUNEL DE CALOR** POTENCIA 1600 WATTS		

Subtotal	17,800.00
IVA	2,136.00
Total	**19,936.00**

•ES INDISPENSABLE EL PAGO TOTAL PARA EL RETIRO O DESPACHO DE LOS EQUIPOS “SIN EXCEPCIÓN”

•Validez de esta cotización: 30 DIAS

•Condiciones de pago: 70%

•Tiempo de entrega de los equipos: 30 días habiles.

FORMAS DE PAGO: Transferencia o Cheque, emitir cheque no endosable a nombre deMEGAOZON INGENIERIA DE AGUA S.A.

NOTA: la capacidad y precio de esta planta viene dada para un nivel de agua estándar, es decir, para condiciones no elevadas de contaminación, turbiedad y metales presentes, para alto grado de turbiedad, o altas concentraciones de metales pesados, el cliente debe informarlo y suministrar los análisis fisicoquímicos bacteriológicos respectivos para los ajustes correspondientes en los diseños.

ANEXO 8. PRESUPUESTO

Tabla 8.1. Presupuesto de la alternativa 1.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CAPTACIÓN TIPO ESCALERA				
Limpieza manual del terreno	m²	9.62	$ 0.70	$ 6.74
Replanteo y nivelación	m²	9.62	$ 0.74	$ 7.11
Excavación en roca	m³	0.36	$ 5.41	$ 1.96
Hormigón ciclópeo f´c=180kg/cm² + encofrado	m³	0.74	$ 128.80	$ 95.40
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	1.66	$ 174.01	$ 288.86
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	66.64	$ 1.71	$ 113.95
Anclaje mediante varilla roscada. Profundidad 30 cm	kg	11.19	$ 9.23	$ 103.25
Cajón metálico con forma de trapecio rectángulo para captación e=1 cm (20cmx25cmx14cmx85cm)	u	3.00	$ 49.16	$ 147.49
Vertedero triangular metálico	u	1.00	$ 37.05	$ 37.05
Rejilla para captación B=0.85 m , barrotes e=2.54 cm separados a cada 1 cm	m	2.55	$ 54.19	$ 138.19
Transporte de Tubería en acémila	tubo/km	1.16	$ 3.40	$ 3.95
Transporte de material en acémila	m³/km	2.44	$ 2.67	$ 6.50
Accesorios	Global	1.00	$ 788.00	$ 788.00
			Sub total	$ 1,738.45
DESARENADOR				
Limpieza manual del terreno	m²	11.00	$ 0.70	$ 7.71
Replanteo y nivelación	m²	11.00	$ 0.74	$ 8.13
Excavación en roca	m³	5.11	$ 5.41	$ 27.63
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	1.46	$ 174.01	$ 254.40
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	88.85	$ 1.71	$ 151.93
Transporte de material en acémila	m³/km	1.47	$ 2.67	$ 3.92
Transporte de Tubería en acémila	tubo/km	1.42	$ 3.40	$ 4.83
Accesorios	Global	1.00	$ 754.81	$ 754.81
			Sub total	$ 1,213.37
LINEA DE CONDUCCIÓN				
Limpieza manual del terreno	m²	387.42	$ 0.70	$ 271.53
Replanteo	km	0.97	$ 419.77	$ 405.07
Excavación en zanja a mano en s/c hasta 2m	m³	219.22	$ 10.02	$ 2,195.93
Cama de arena compactada para tubería	m³	38.02	$ 18.35	$ 697.70
Tubería PVC 63mm x 6m 1,25mpa(181psi)	m	968.56	$ 3.67	$ 3,554.27

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
LINEA DE CONDUCCIÓN				
Relleno compactado con material del sitio	m³	181.20	$ 13.36	$ 2,420.11
Caja de concreto para válvula de purga (incluye elementos descarga y accesorios)	u	3.00	$ 205.41	$ 616.23
Accesorios	Global	1.00	$ 427.90	$ 427.90
			Sub total	$ 10,588.73
PUENTE CANAL				
Limpieza manual del terreno	m²	15.00	$ 0.70	$ 10.51
Replanteo y nivelación	m²	15.00	$ 0.74	$ 11.08
Excavación para cimientos	m³	3.20	$ 5.91	$ 18.91
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	2.80	$ 174.01	$ 487.23
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	215.42	$ 1.71	$ 368.36
Perfil estructural de acero (HW 250 x 255)	Kg	328.80	$ 4.28	$ 1,406.38
			Sub total	$ 2,302.47
CRUCE DE TUBERÍA BAJO CALZADA				
Limpieza manual del terreno	m²	15.00	$ 0.70	$ 10.51
Replanteo y nivelación	m²	15.00	$ 0.74	$ 11.08
Demolición de pavimento flexible, con martillo neumático	m²	6.30	$ 5.88	$ 37.04
Tubería PVC-U, formado por tubo de PVC de doble pared, la exterior corrugada y la interior lisa, color teja RAL 8023, diámetro nominal 160 mm, rigidez anular nominal 8 kN/m²	m	9.95	$ 21.33	$ 212.20
Cama de arena compactada	m³	1.34	$ 18.35	$ 24.59
Relleno compactado con material del sitio	m³	8.06	$ 13.36	$ 107.65
Piso asfáltico de 25 cm de espesor, realizado con mezcla bituminosa en frío de composición densa, con agregado granítico de 12 mm de tamaño máximo.	m²	6.30	$ 30.89	$ 194.59
			Sub total	$ 597.66
TANQUES ROMPE PRESIÓN				
Limpieza manual del terreno	m²	3.00	$ 0.70	$ 2.10
Replanteo manual para estructuras	m²	3.00	$ 0.64	$ 1.91
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	0.92	$ 174.01	$ 160.79
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	61.60	$ 1.71	$ 105.33
Accesorios	Global	1.00	$ 377.23	$ 377.23
			Sub total	$ 647.35

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
DEPÓSITO DE 300 m³				
Limpieza manual del terreno	m²	144.10	$ 0.70	$ 100.99
Replanteo y nivelación	m²	144.10	$ 0.74	$ 106.44
Excavación a máquina sin clasificar	m³	158.51	$ 1.90	$ 300.93
Hormigón simple f`c=210 kg/cm² + impermeabilizante, en cúpula	m³	9.03	$ 209.07	$ 1,888.56
Hormigón simple en muros f`c=210 kg/cm²+encofrado	m³	39.19	$ 183.75	$ 7,200.98
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	51.17	$ 174.01	$ 8,904.12
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	8003.33	$ 1.71	$ 13,685.37
Hormigón simple f`c=140kg/cm²	m³	14.41	$ 67.71	$ 975.69
Vereda de Hormigón simple 140 kg/cm² e=10cm	m³	4.73	$ 105.70	$ 500.07
Accesorios	Global	1.00	$ 2,537.33	$ 2,537.33
			Sub total	$ 36,200.47

INVENTARIO DE ACCESORIOS				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**PRECIO TOTAL**
Brida h.f. 63mm	u	2.00	$ 26.89	$ 53.78
Brida h.f. 90mm	u	2.00	$ 35.57	$ 71.14
Canastilla de PVC DN114 mm	u	3.00	$ 6.20	$ 18.60
Codo 45° 50 mm	u	6.00	$ 21.35	$ 128.10
Codo 45° H.G. Dn 63 mm	u	21.00	$ 22.74	$ 477.54
Codo 45° 90 mm e=6mm	u	2.00	$ 31.67	$ 63.34
Codo 90° H.G. Dn 63 mm	u	4.00	$ 25.84	$ 103.36
Codo 90° H.G. Dn 50 mm	u	1.00	$ 24.75	$ 24.75
Escalera de acceso h.g. 3/4" a=0.4 m	u	1.00	$ 48.72	$ 48.72
Soporte para tubería de H.G.	u	5.00	$ 68.28	$ 341.40
Tapa de depósito	u	1.00	$ 316.97	$ 316.97
Tee H.G 63 mm	u	5.00	$ 2.24	$ 11.20
Tee reducción PVC-s e/c 90 a 50 mm	u	1.00	$ 25.65	$ 25.65
Tubería H.G. 50 mm	m	8.15	$ 16.93	$ 137.98
Tubería H.G. 63 mm	m	16.50	$ 8.82	$ 145.57
Tubería H.G. 75 mm	m	3.00	$ 18.97	$ 56.90
Tubería de ventilación + accesorios	u	4.00	$ 66.33	$ 265.32
Válvula de aire 3/4" + accesorios	u	4.00	$ 213.95	$ 855.80
Válvula de compuerta de bronce 50 mm	u	1.00	$ 106.46	$ 106.46
Válvula de compuerta de bronce 63 mm	u	10.00	$ 115.86	$ 1,158.62

INVENTARIO DE ACCESORIOS				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**PRECIO TOTAL**
Válvula de compuerta de bronce 75 mm	u	3.00	$ 115.86	$ 347.59
Válvula de compuerta h.g. ø=90mm	u	1.00	$ 126.47	$ 126.47

Tabla 8.2. Presupuesto de la alternativa 2.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CAPTACIÓN COANDA				
Limpieza manual del terreno	m²	9.62	$ 0.70	$ 6.74
Replanteo y nivelación	m²	9.62	$ 0.74	$ 7.11
Excavación en roca	m³	0.34	$ 5.41	$ 1.81
Hormigón ciclópeo f´c=180kg/cm² + encofrado	m³	0.74	$ 128.80	$ 95.40
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	1.46	$ 174.01	$ 254.40
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	59.23	$ 1.71	$ 101.28
Cajón metálico e=1cm incluye rejilla Coanda L=0.85m. Rejilla Coanda B=0.30 m, s=0.15cm, barras de 1.00 cmx 1.20cm.	u	1.00	$ 1,585.86	$ 1,585.86
Anclaje mediante varilla roscada. Profundidad 30 cm	kg	3.73	$ 9.23	$ 34.42
Transporte de material en acémila	m³/km	2.20	$ 2.67	$ 5.87
Transporte de Tubería en acémila	tubo/km	1.17	$ 3.40	$ 3.98
Accesorios	Global	1.00	$ 716.68	$ 716.68
			Sub total	$ 2,813.55
LINEA DE CONDUCCIÓN				
Limpieza manual del terreno	m²	387.42	$ 0.70	$ 271.53
Replanteo	km	0.97	$ 419.77	$ 405.07
Excavación en zanja a mano en s/c hasta 2m	m³	219.22	$ 10.02	$ 2,195.93
Cama de arena compactada para tubería	m³	38.02	$ 18.35	$ 697.70
Tubería PVC 63mm x 6m 1,25mpa(181psi)	m	968.56	$ 3.67	$ 3,554.27
Relleno compactado con material del sitio	m³	181.20	$ 13.36	$ 2,420.11
Caja de concreto para válvula de purga (incluye elementos descarga y accesorios)	u	3.00	$ 205.41	$ 616.23
Accesorios	Global	1.00	$ 427.90	$ 427.90
			Sub total	$ 10,588.73
PUENTE CANAL				
Limpieza manual del terreno	m²	15.00	$ 0.70	$ 10.51
Replanteo y nivelación	m²	15.00	$ 0.74	$ 11.08
Excavación para cimientos	m³	3.20	$ 5.91	$ 18.91

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
PUENTE CANAL				
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	2.80	$ 174.01	$ 487.23
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	215.42	$ 1.71	$ 368.36
Perfil estructural de acero (HW 250 x 255)	Kg	328.80	$ 4.28	$ 1,406.38
			Sub total	$ 2,302.47
CRUCE DE TUBERÍA BAJO CALZADA				
Limpieza manual del terreno	m²	15.00	$ 0.70	$ 10.51
Replanteo y nivelación	m²	15.00	$ 0.74	$ 11.08
Demolición de pavimento flexible, con martillo neumático	m²	6.30	$ 5.88	$ 37.04
Tubería PVC-U, formado por tubo de PVC de doble pared, la exterior corrugada y la interior lisa, color teja RAL 8023, diámetro nominal 160 mm, rigidez anular nominal 8 kN/m²	m	9.95	$ 21.33	$ 212.20
Cama de arena compactada	m³	1.34	$ 18.35	$ 24.59
Relleno compactado con material del sitio	m³	8.06	$ 13.36	$ 107.65
Piso asfáltico de 25 cm de espesor, realizado con mezcla bituminosa en frío de composición densa, con agregado granítico de 12 mm de tamaño máximo.	m²	6.30	$ 30.89	$ 194.59
			Sub total	$ 597.66
CÁMARA DE CARGA				
Limpieza manual del terreno	m²	1.10	$ 0.70	$ 0.77
Replanteo y nivelación	m²	1.10	$ 0.74	$ 0.81
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	0.43	$ 174.01	$ 74.82
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	29.59	$ 1.71	$ 50.60
Transporte de material en acémila	m³/km	0.43	$ 2.67	$ 1.16
Transporte de Tubería en acémila	tubo/km	0.33	$ 3.40	$ 1.12
Accesorios	Global	1.00	$ 317.39	$ 317.39
			Sub total	$ 446.68
MICROTURBINAS TRD				
Limpieza manual del terreno	m²	10.00	$ 0.70	$ 7.01
Replanteo y nivelación	m²	10.00	$ 0.74	$ 7.39
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	2.04	$ 174.01	$ 354.98
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	118.49	$ 1.71	$ 202.61
Microturbina TRD, incluye soporte para instalación	U	16.00	$ 685.04	$ 10,960.56

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MICROTURBINAS TRD				
Accesorios	Global	1.00	$ 2,440.69	$ 2,440.69
			Sub total	$ 13,973.24
DEPÓSITO DE 300 m³				
Limpieza manual del terreno	m²	144.10	$ 0.70	$ 100.99
Replanteo y nivelación	m²	144.10	$ 0.74	$ 106.44
Excavación a máquina sin clasificar	m³	158.51	$ 1.90	$ 300.93
Hormigón simple f`c=210 kg/cm² + impermeabilizante, en cúpula	m³	9.03	$ 209.07	$ 1,888.56
Hormigón simple en muros f`c=210 kg/cm²+encofrado	m³	39.19	$ 183.75	$ 7,200.98
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	51.17	$ 174.01	$ 8,904.12
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	8003.33	$ 1.71	$ 13,685.37
Hormigón simple f`c=140kg/cm²	m³	14.41	$ 67.71	$ 975.69
Vereda de Hormigón simple 140 kg/cm² e=10cm	m³	4.73	$ 105.70	$ 500.07
Accesorios	Global	1.00	$ 2,537.33	$ 2,537.33
			Sub total	$ 36,200.47
DEPÓSITO DE 15m³				
Limpieza manual del terreno	m²	30.96	$ 0.70	$ 21.70
Replanteo y nivelación	m²	30.96	$ 0.74	$ 22.87
Excavación a máquina sin clasificar	m³	34.06	$ 1.90	$ 64.65
Hormigón simple f`c=210 kg/cm² + impermeabilizante, en cúpula	m³	0.86	$ 209.07	$ 179.38
Hormigón simple en muros f`c=210 kg/cm²+encofrado	m³	7.74	$ 183.75	$ 1,422.45
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	4.65	$ 174.01	$ 809.67
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	792.71	$ 1.71	$ 1,355.50
Hormigón simple f`c=140kg/cm²	m³	3.10	$ 67.71	$ 209.63
Vereda de hormigón simple 140 kg/cm² e=10cm	m³	2.08	$ 105.70	$ 219.64
Accesorios	Global	1.00	$ 2,368.52	$ 2,368.52
			Sub total	$ 6,674.02
PLANTA EMBOTELLADORA				
Limpieza manual del terreno	m²	106.72	$ 0.70	$ 89.75
Replanteo y nivelación	m²	106.72	$ 0.74	$ 78.83
Excavación en cimientos	m³	13.88	$ 5.91	$ 82.03
Hormigón simple en plintos f`c=210 kg/cm²	m³	5.55	$ 117.64	$ 652.90
Hormigón simple en columnas f`c=210 kg/cm²	m³	3.76	$ 200.53	$ 754.00

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
PLANTA EMBOTELLADORA				
Cadenas de amarre h.s. f´c=210 kg/cm²	m³	4.64	$ 127.79	$ 592.93
Hormigón simple en vigas f`c=210 kg/cm²	m³	5.67	$ 183.09	$ 1,038.13
Losa alivianada e = 20 cm; f`c = 210 kg / cm²_	m³	14.63	$ 174.85	$ 2,557.98
Bloque alivianado de 15x20x40	u	411.00	$ 0.89	$ 365.61
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	7360.55	$ 1.71	$ 12,586.25
Ventana hierro + vidrio s/p	m²	8.04	$ 34.38	$ 276.45
Inodoro con fluxómetro	u	1.00	$ 311.96	$ 311.96
Accesorio de baño	u	1.00	$ 12.64	$ 12.64
mampostería de ladrillo	m²	114.16	$ 21.86	$ 2,495.25
Enlucido interior y exterior	m²	228.31	$ 11.25	$ 2,568.65
Puertas de madera 0.9 x 2.10 m	u	4.00	$ 83.10	$ 332.42
Puerta corrediza metálica de b 210 c	u	1.00	$ 391.50	$ 391.50
Puerta metálica 1.0x2.0	u	1.00	$ 199.24	$ 199.24
Puerta tambor MDF baño a=0,60, h=1,60m	u	1.00	$ 60.58	$ 60.58
Acometida domiciliaria de alcantarillado incluye accesorios y caja de revisión	u	1.00	$ 245.34	$ 245.34
Acometida domiciliaria de agua potable ø=63mm x 1/2" l=6-12m, incluye materiales, excavación y relleno compactado con material de mejoramiento, no incluye medidor.	u	1.00	$ 171.17	$ 171.17
Instalaciones eléctricas	u	1.00	$ 405.30	$ 405.30
Botiquín de primeros auxilios y extintor IPF-4 20 lbs	u	3.00	$ 80.83	$ 242.48
Adecuaciones para oficina técnica	u	2.00	$ 1,352.40	$ 2,704.80
Planta compacta ,300 botellones al día 6000 lts de Megaozon	u	1.00	$ 12,880.00	$ 12,880.00
Planta compacta de purificación, con sistemas de UV, microfiltración, ozono y carbón activado de 200 litros por hora.	u	1.00	$ 4,962.96	$ 4,962.96
			Sub total	$ 47,059.13

INVENTARIO DE ACCESORIOS				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**PRECIO TOTAL**
Brida h.f. 50mm	u	3.00	$ 26.89	$ 80.68
Brida h.f. 63mm	u	2.00	$ 26.89	$ 53.78
Brida h.f. 90mm	u	3.00	$ 35.57	$ 106.71

INVENTARIO DE ACCESORIOS				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**PRECIO TOTAL**
Canastilla de PVC DN114 mm	u	5.00	$ 6.20	$ 31.01
Codo 45° 50 mm	u	6.00	$ 21.35	$ 128.10
Codo h.g. 45° 50 mm	u	14.00	$ 15.34	$ 214.71
Codo 45° 63 mm	u	37.00	$ 22.74	$ 841.38
Codo 45° 90 mm e=6mm	u	9.00	$ 31.67	$ 285.01
Codo 90° H.G. Dn 50 mm	u	1.00	$ 24.75	$ 24.75
Codo 90° 63 mm	u	4.00	$ 25.84	$ 103.35
DOBLE Y-TEE 45	u	6.00	$ 32.50	$ 195.00
Escalera de acceso h.g. 3/4" a=0.4 m	u	2.00	$ 48.72	$ 97.44
Reductor h.g. 63 mm x 1 " bushing	u	16.00	$ 4.97	$ 79.47
Soporte para tubería de H.G.	u	5.00	$ 68.28	$ 341.40
Tapa de depósito	u	2.00	$ 316.97	$ 633.95
TEE Dn 50 mm	u	2.00	$ 13.16	$ 26.33
Tee h.g. 63 mm	u	5.00	$ 2.24	$ 11.20
Tee reducción PVC-s e/c 90 a 50 mm	u	2.00	$ 25.65	$ 51.30
Tubería h.g. 50 mm	m	8.15	$ 16.93	$ 137.98
Tubería h.g. 63 mm	m	19.98	$ 8.82	$ 176.27
Tubería h.g. 75 mm	m	3.50	$ 18.97	$ 66.39
Tubería de ventilación + accesorios	u	8.00	$ 66.33	$ 530.64
Válvula de aire 3/4" + accesorios	u	6.00	$ 213.95	$ 1,283.70
Válvula de compuerta de bronce 50 mm	u	4.00	$ 106.46	$ 425.84
Válvula de compuerta de bronce 63 mm	u	16.00	$ 115.86	$ 1,853.79
Válvula de compuerta de bronce 75 mm	u	4.00	$ 115.86	$ 463.45
Válvula de compuerta h.g. ø=90mm	u	4.00	$ 126.47	$ 505.88
Y-TEE 45 H.G.	u	2.00	$ 29.50	$ 59.00

Tabla 8.3. Presupuesto de la alternativa 3.

DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**PRECIO TOTAL**
CAPTACIÓN COANDA				
Limpieza manual del terreno	m²	9.62	$ 0.70	$ 6.74
Replanteo y nivelación	m²	9.62	$ 0.74	$ 7.11
Excavación en roca	m³	0.34	$ 5.41	$ 1.81
Hormigón ciclópeo f´c=180kg/cm² + encofrado	m³	0.74	$ 128.80	$ 95.40
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	1.46	$ 174.01	$ 254.40
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	59.23	$ 1.71	$ 101.28

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CAPTACIÓN COANDA				
Cajón metálico e=1cm incluye rejilla Coanda L=0.85m. Rejilla Coanda B=0.30 m, s=0.15cm, barras de 1.00 cmx 1.20cm.	u	1.00	$ 1,585.86	$ 1,585.86
Anclaje mediante varilla roscada. Profundidad 30 cm	kg	3.73	$ 9.23	$ 34.42
Transporte de material en acémila	m³/km	2.20	$ 2.67	$ 5.87
Transporte de Tubería en acémila	tubo/km	1.17	$ 3.40	$ 3.98
Accesorios	Global	1.00	$ 716.68	$ 716.68
			Sub total	$ 2,813.55
LINEA DE CONDUCCIÓN				
Limpieza manual del terreno	m²	387.42	$ 0.70	$ 271.53
Replanteo	km	0.97	$ 419.77	$ 405.07
Excavación en zanja a mano en s/c hasta 2m	m³	219.22	$ 10.02	$ 2,195.93
Cama de arena compactada	m³	38.02	$ 18.35	$ 697.70
Tubería PVC 63mm x 6m 1,25mpa(181psi)	m	662.96	$ 3.67	$ 2,432.82
Tubería h.g. De=60 mm P=4.92 mpa	m	305.09	$ 8.82	$ 2,691.60
Relleno compactado con material del sitio	m³	181.20	$ 13.36	$ 2,420.11
			Sub total	$ 11,114.77
PUENTE CANAL				
Limpieza manual del terreno	m²	15.00	$ 0.70	$ 10.51
Replanteo y nivelación	m²	15.00	$ 0.74	$ 11.08
Excavación para cimientos	m³	3.20	$ 5.91	$ 18.91
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	2.80	$ 174.01	$ 487.23
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	215.42	$ 1.71	$ 368.36
Perfil estructural de acero (HW 250 x 255)	Kg	328.80	$ 4.28	$ 1,406.38
			Sub total	$ 2,302.47
CRUCE DE TUBERÍA BAJO CALZADA				
Limpieza manual del terreno	m²	15.00	$ 0.70	$ 10.51
Replanteo y nivelación	m²	15.00	$ 0.74	$ 11.08
Demolición de pavimento flexible, con martillo neumático	m²	6.30	$ 5.88	$ 37.04
Tubería PVC-U, formado por tubo de PVC de doble pared, la exterior corrugada y la interior lisa, color teja RAL 8023, diámetro nominal 160 mm, rigidez anular nominal 8 kN/m²	m	9.95	$ 21.33	$ 212.20
Cama de arena compactada	m³	1.34	$ 18.35	$ 24.59
Relleno compactado con material del sitio	m³	8.06	$ 13.36	$ 107.65

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CRUCE DE TUBERÍA BAJO CALZADA				
Piso asfáltico de 25 cm de espesor, realizado con mezcla bituminosa en frío de composición densa, con agregado granítico de 12 mm de tamaño máximo.	m²	6.30	$ 30.89	$ 194.59
			Sub total	$ 597.66
CÁMARA DE CARGA				
Limpieza manual del terreno	m²	1.10	$ 0.70	$ 0.77
Replanteo y nivelación	m²	1.10	$ 0.74	$ 0.81
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	0.43	$ 174.01	$ 74.82
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	29.59	$ 1.71	$ 50.60
Transporte de material en acémila	m³/km	0.43	$ 2.67	$ 1.16
Transporte de Tubería en acémila	tubo/km	0.33	$ 3.40	$ 1.12
Accesorios	Global	1.00	$ 317.39	$ 317.39
			Sub total	$ 446.68
PICO-CENTRAL HIDROELÉCTRICA				
Limpieza manual del terreno	m²	2.66	$ 0.70	$ 1.86
Replanteo y nivelación	m²	2.66	$ 0.74	$ 1.96
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	1.40	$ 174.01	$ 243.27
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	51.83	$ 1.71	$ 88.63
Turbina Pelton, 32 cucharas, D de rodete de 0.40 m.	U	1.00	$ 206.40	$ 206.40
Generador 1,5Kw/2CV 230/400V 1800rpm	U	1.00	$ 131.72	$ 131.72
Complementos para la pico-central (Regulador de carga, Batería 24V, Inversor, Convertidor, Cable)	Gbl	1.00	$ 465.04	$ 465.04
Accesorios	Global	1.00	$ 421.71	$ 421.71
			Sub total	$ 1,560.59
DEPÓSITO DE 300 m³				
Limpieza manual del terreno	m²	144.10	$ 0.70	$ 100.99
Replanteo y nivelación	m²	144.10	$ 0.74	$ 106.44
Excavación a máquina sin clasificar	m³	158.51	$ 1.90	$ 300.93
Hormigón simple f`c=210 kg/cm² + impermeabilizante, en cúpula	m³	9.03	$ 209.07	$ 1,888.56
Hormigón simple en muros f`c=210 kg/cm²+encofrado	m³	39.19	$ 183.75	$ 7,200.98
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	51.17	$ 174.01	$ 8,904.12

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
DEPÓSITO DE 300 m³				
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	8003.33	$ 1.71	$ 13,685.37
Hormigón simple f`c=140kg/cm²	m³	14.41	$ 67.71	$ 975.69
Vereda de Hormigón simple 140 kg/cm² e=10cm	m³	4.73	$ 105.70	$ 500.07
Accesorios	Global	1.00	$ 2,537.33	$ 2,537.33
			Sub total	$ 36,200.47
DEPÓSITO DE 15m³				
Limpieza manual del terreno	m²	30.96	$ 0.70	$ 21.70
Replanteo y nivelación	m²	30.96	$ 0.74	$ 22.87
Excavación a máquina sin clasificar	m³	34.06	$ 1.90	$ 64.65
Hormigón simple f`c=210 kg/cm² + impermeabilizante, en cúpula	m³	0.86	$ 209.07	$ 179.38
Hormigón simple en muros f`c=210 kg/cm²+encofrado	m³	7.74	$ 183.75	$ 1,422.45
Hormigón simple de f`c=210 kg/cm²	m³	4.65	$ 174.01	$ 809.67
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	792.71	$ 1.71	$ 1,355.50
Hormigón simple f`c=140kg/cm²	m³	3.10	$ 67.71	$ 209.63
Vereda de hormigón simple 140 kg/cm² e=10cm	m³	2.08	$ 105.70	$ 219.64
Accesorios	Global	1.00	$ 2,368.52	$ 2,368.52
			Sub total	$ 6,674.02
PLANTA EMBOTELLADORA				
Limpieza manual del terreno	m²	106.72	$ 0.70	$ 74.79
Replanteo y nivelación	m²	106.72	$ 0.74	$ 78.83
Excavación en cimientos	m³	13.88	$ 5.91	$ 82.03
Hormigón simple en plintos f`c=210 kg/cm²	m³	5.55	$ 117.64	$ 652.90
Hormigón simple en columnas f`c=210 kg/cm²	m³	3.76	$ 200.53	$ 754.00
Cadenas de amarre h.s. f´c=210 kg/cm²	m³	4.64	$ 127.79	$ 592.93
Hormigón simple en vigas f`c=210 kg/cm²	m³	5.67	$ 183.09	$ 1,038.13
Losa alivianada e = 20 cm; f`c = 210 kg / cm²	m³	14.63	$ 174.85	$ 2,557.98
Bloque alivianado de 15x20x40	u	411.00	$ 0.89	$ 365.61
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm²	Kg	7360.55	$ 1.71	$ 12,586.25
Ventana hierro + vidrio s/p	m²	8.04	$ 34.38	$ 276.45
Inodoro con fluxómetro	u	1.00	$ 311.96	$ 311.96
Accesorio de baño	u	1.00	$ 12.64	$ 12.64
mampostería de ladrillo	m²	114.16	$ 21.86	$ 2,495.25
Enlucido interior y exterior	m²	228.31	$ 11.25	$ 2,568.65
Puertas de madera 0.9 x 2.10 m	u	4.00	$ 83.10	$ 332.42

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Puerta corrediza metálica de b 210 c	u	1.00	$ 391.50	$ 391.50
Puerta metálica 1.0x2.0	u	1.00	$ 199.24	$ 199.24
Puerta tambor MDF baño a=0,60, h=1,60m	u	1.00	$ 60.58	$ 60.58
Acometida domiciliaria de alcantarillado incluye accesorios y caja de revisión	u	1.00	$ 245.34	$ 245.34
Acometida domiciliaria de agua potable ø=63mm x 1/2" l=6-12m, incluye materiales, excavación y relleno compactado con material de mejoramiento, no incluye medidor.	u	1.00	$ 171.17	$ 171.17
Instalaciones eléctricas	u	1.00	$ 405.30	$ 405.30
Botiquín de primeros auxilios y extintor IPF-4 20 lbs	u	3.00	$ 80.83	$ 242.48
Adecuaciones para oficina técnica	u	2.00	$ 1,352.40	$ 2,704.80
Planta compacta ,300 botellones al día 6000 lts de Megaozon	u	1.00	$ 12,880.00	$ 12,880.00
Planta compacta de purificación, con sistemas de UV, microfiltración, ozono y carbón activado de 200 litros por hora.	u	1.00	$ 4,962.96	$ 4,962.96
			Sub total	$ 47,044.17

INVENTARIO DE ACCESORIOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Brida h.f. 50mm	u	3.00	$ 26.89	$ 80.68
Brida h.f. 63mm	u	2.00	$ 26.89	$ 53.78
Brida h.f. 90mm	u	3.00	$ 35.57	$ 106.71
Canastilla de PVC DN114 mm	u	4.00	$ 6.20	$ 24.80
Caja protectora de turbina	u	1.00	$ 160.51	$ 160.51
Codo 45° 50 mm	u	6.00	$ 21.35	$ 128.10
Codo h.g. 45° 50 mm	u	14.00	$ 15.34	$ 214.71
Codo 45° 63 mm	u	15.00	$ 22.74	$ 341.10
Codo 45° 90 mm e=6mm	u	9.00	$ 31.67	$ 285.01
Codo 90° H.G. Dn 50 mm	u	1.00	$ 24.75	$ 24.75
Codo 90° 63 mm	u	2.00	$ 25.84	$ 51.67
Escalera de acceso h.g. 3/4" a=0.4 m	u	2.00	$ 48.72	$ 97.44
Reductor h.g. 63 mm x 1 " bushing	u	1.00	$ 4.97	$ 4.97
Soporte para tubería de H.G.	u	5.00	$ 68.28	$ 341.40
Tapa de depósito	u	2.00	$ 316.97	$ 633.95
Tee h.g. 63 mm	u	3.00	$ 2.24	$ 6.72
TEE Dn 50 mm	u	2.00	$ 13.16	$ 26.33

INVENTARIO DE ACCESORIOS				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**PRECIO TOTAL**
Tee reducción PVC-s e/c 90 a 50 mm	u	2.00	$ 25.65	$ 51.30
Tubería h.g. 50 mm	m	8.15	$ 16.93	$ 137.98
Tubería H.G. 63 mm	m	8.50	$ 8.82	$ 74.99
Tubería H.G. 75 mm	m	2.00	$ 18.97	$ 37.93
Tubería de ventilación + accesorios	u	8.00	$ 66.33	$ 530.64
Válvula de aire 3/4" + accesorios	u	4.00	$ 213.95	$ 855.80
Válvula de compuerta de bronce 50 mm	u	4.00	$ 106.46	$ 425.84
Válvula de compuerta de bronce 63 mm	u	7.00	$ 115.86	$ 811.03
Válvula de compuerta de bronce 75 mm	u	3.00	$ 115.86	$ 347.59
Válvula de compuerta h.g. ø=90mm	u	4.00	$ 126.47	$ 505.88

NOTA: No se ha considerado costos indirectos.

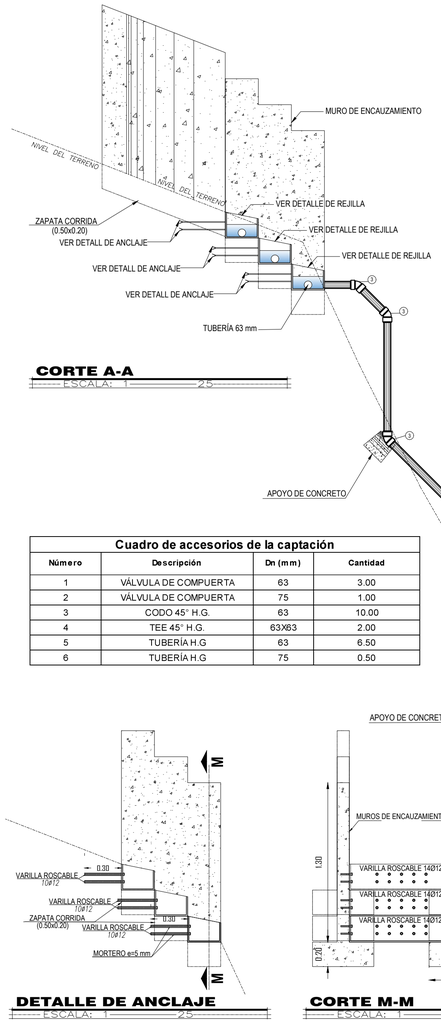
Tabla 8.4. Resumen del presupuesto de las tres alternativas.

Alternativa 1		**Alternativa 2**		**Alternativa 3**	
Con puente canal	Sin puente canal	Con puente canal	Sin puente canal	Con puente canal	Sin puente canal
$ 52,690.85	$ 50,986.04	$ 120,058.30	$ 118,353.49	$ 108,156.72	$ 106,451.91

Tabla 8.5. Resumen del flujo de fondo.

ALTERNATIVA 1				**ALTERNATIVA 2**				**ALTERNATIVA 3**			
CON PUENTE CANAL		SIN PUENTE CANAL		CON PUENTE CANAL		SIN PUENTE CANAL		CON PUENTE CANAL		SIN PUENTE CANAL	
AÑO	FLUJO DE FONDO ACTUALIZADO	AÑO	FLUJO DE FONDO ACTUALIZADO	AÑO	FLUJO DE FONDO ACTUALIZADO	AÑO	FLUJO DE FONDO ACTUALIZADO	AÑO	FLUJO DE FONDO ACTUALIZADO	AÑO	FLUJO DE FONDO ACTUALIZADO
0	-$ 52,690.85	0	-$ 50,986.04	0	-$ 120,058.30	0	-$ 118,353.49	0	-$ 108,156.72	0	-$ 106,451.91
1	$ 0.00	1	$ 0.00	1	$ 38,885.20	1	$ 38,885.20	1	$ 38,885.20	1	$ 38,885.20
2	$ 0.00	2	$ 0.00	2	$ 36,606.36	2	$ 36,606.36	2	$ 36,606.36	2	$ 36,606.36
3	$ 0.00	3	$ 0.00	3	$ 34,260.47	3	$ 34,260.47	3	$ 34,260.47	3	$ 34,260.47
4	$ 0.00	4	$ 0.00	4	$ 32,017.06	4	$ 32,017.06	4	$ 32,017.06	4	$ 32,017.06
5	$ 0.00	5	$ 0.00	5	$ 29,879.62	5	$ 29,879.62	5	$ 29,879.62	5	$ 29,879.62
6	$ 0.00	6	$ 0.00	6	$ 27,849.83	6	$ 27,849.83	6	$ 27,849.83	6	$ 27,849.83
7	$ 0.00	7	$ 0.00	7	$ 25,839.14	7	$ 25,839.14	7	$ 25,839.14	7	$ 25,839.14
8	$ 0.00	8	$ 0.00	8	$ 23,937.65	8	$ 23,937.65	8	$ 23,937.65	8	$ 23,937.65
9	$ 0.00	9	$ 0.00	9	$ 22,160.53	9	$ 22,160.53	9	$ 22,160.53	9	$ 22,160.53
10	$ 0.00	10	$ 0.00	10	$ 20,476.35	10	$ 20,476.35	10	$ 20,476.35	10	$ 20,476.35
VAN	-$ 52,690.85	**VAN**	-$ 50,986.04	**VAN**	$ 171,853.91	**VAN**	$ 173,558.72	**VAN**	$ 183,755.49	**VAN**	$ 185,460.30
TIR %	0.00	**TIR %**	0.00	**TIR %**	42.62	**TIR %**	43.22	**TIR %**	47.16	**TIR %**	47.89
B/C	0.00	**B/C**	0.00	**B/C**	1.27	**B/C**	1.27	**B/C**	1.30	**B/C**	1.30

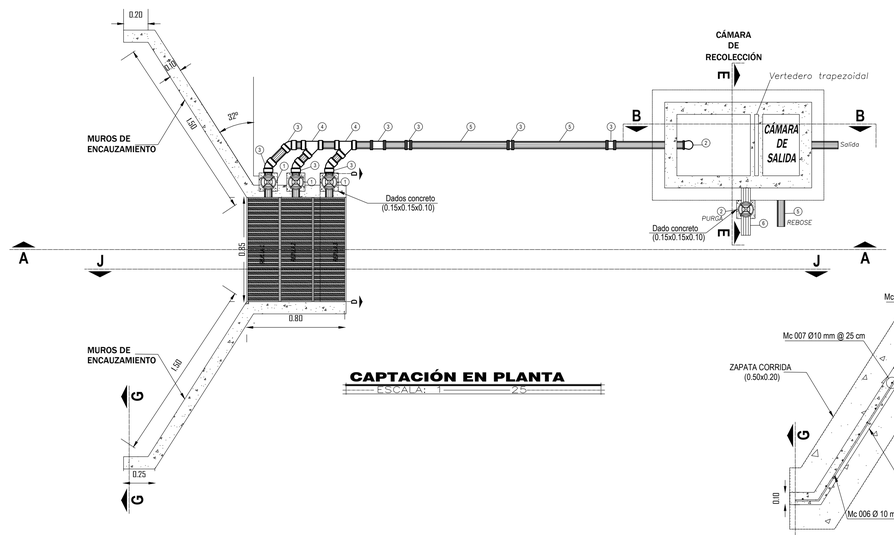
ANEXO 9. PLANOS



CORTE A-A

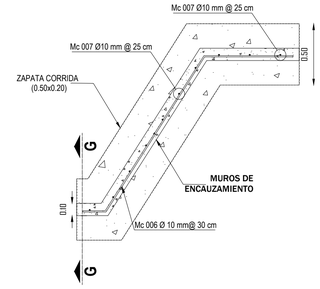
ESCALA: 1 — 25

Cuadro de accesorios de la captación			
Número	Descripción	Dn (mm)	Cantidad
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	63	3.00
2	VÁLVULA DE COMPUERTA	75	1.00
3	CODO 45° H.G.	63	10.00
4	TEE 45° H.G.	63X63	2.00
5	TUBERÍA H.G	63	6.50
6	TUBERÍA H.G	75	0.50



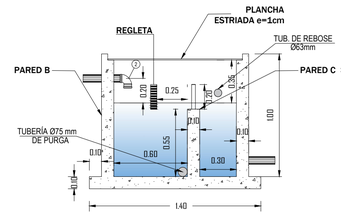
CAPTACIÓN EN PLANTA

ESCALA: 1 — 25



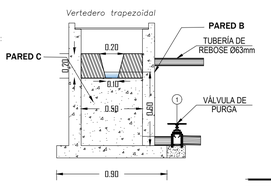
REFUERZO EN MURO DE ENCAUZAMIENTO

ESCALA: 1 — 25



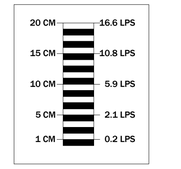
CORTE B-B

ESCALA: 1 — 25



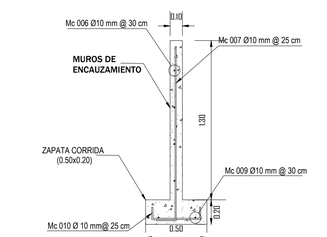
CORTE E-E

ESCALA: 1 — 25



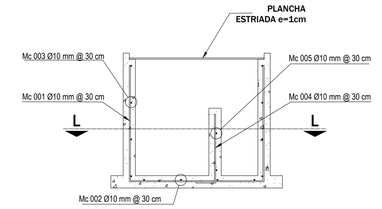
REGLETA

ESCALA: 1 — 5



CORTE G-G

ESCALA: 1 — 25

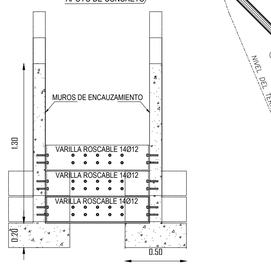


REFUERZO DE CÁMARA DE RECOLECCIÓN

ESCALA: 1 — 25

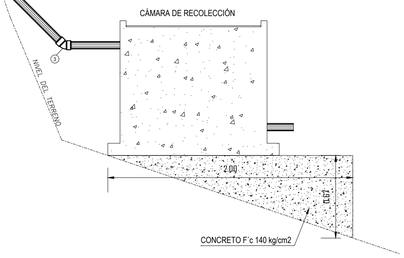
DETALLE DE ANCLAJE

ESCALA: 1 — 25



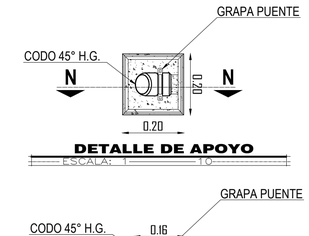
CORTE M-M

ESCALA: 1 — 25



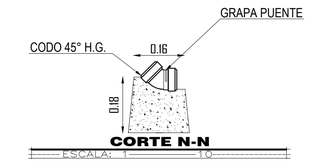
CORTE J-J

ESCALA: 1 — 25



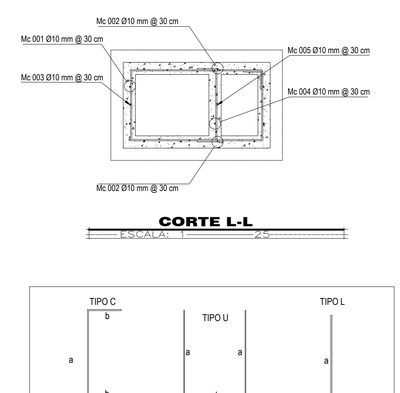
DETALLE DE APOYO

ESCALA: 1 — 10



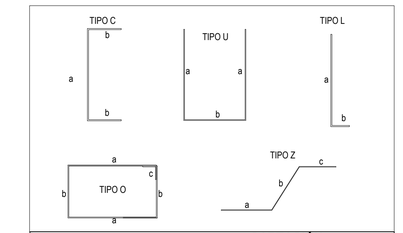
CORTE N-N

ESCALA: 1 — 10



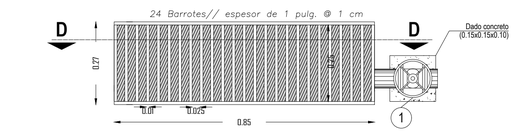
CORTE L-L

ESCALA: 1 — 25



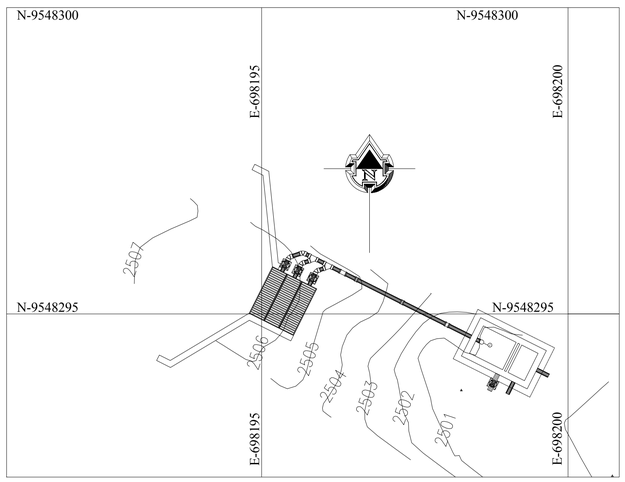
PLANILLA DE HIERROS — CAPTACIÓN										
Marca	Ø (mm)	TIPO	CANT.	a	b	c	d	e	LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
001	10	U	2	0.94	1.10				2.98	5.96
002	10	U	4	0.94	0.60				2.48	9.92
003	10	O	4	1.08	0.56	0.16			3.60	14.40
004	10	L	2	0.55	0.16				0.71	1.42
005	10	C	2	0.58	0.16				0.90	1.80
006	10	Z	8	0.19	1.50	0.72			2.41	19.28
007	10	L	20	1.41	0.16				1.57	31.40
009	10	Z	4	0.31	1.50	0.65			2.46	2.15
010	10	C	22	0.38	0.10				0.58	12.76
									Long. Total	**99.09**

RESUMEN DE HIERROS CAPTACIÓN			
Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3 %	PESO (Kg)
10	99.09	9	66.64
12	0.00	0	0.00
		TOTAL =	**66.64**



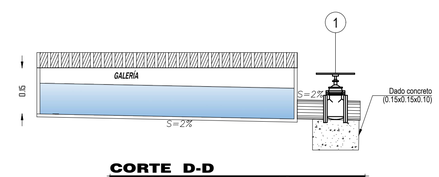
DETALLE DE LA REJILLA

ESCALA: 1 — 10



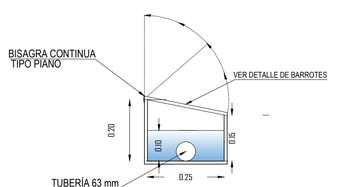
IMPLANTACIÓN DE LA CAPTACIÓN

ESCALA: 1 — 50



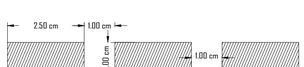
CORTE D-D

ESCALA: 1 — 10



DETALLE DE GALERÍA

ESCALA: 1 — 10



DETALLE DE BARROTES

ESCALA: 1 — 1



Volumen de concreto f´c 210 kg/cm² para la captación					
Dimensiones		e(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
0.500	0.550	0.100	Pared C	1	0.028
1.300	0.900	0.100	Base cámara de recolección	1	0.117
0.150	0.150	0.100	Dados de concreto	4	0.009
0.200	0.163	0.182	Apoyo para codo 45°	2	0.012
Área		H(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
0.251		1.300	Muro de encauzamiento	2	0.653
1.255		0.200	Zapata A	2	0.502
0.340		1.000	Pared B	1	0.340
				Total	**1.660**

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL

Fecha: ENERO 2018

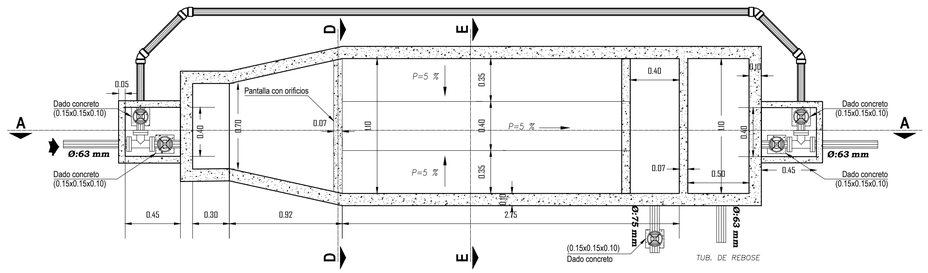
Contiene: Captación

Revisión: Holger Benavides Muñoz

Profesionales en formación:
- Alexander León Rosales
- Michelle Quezada Costa

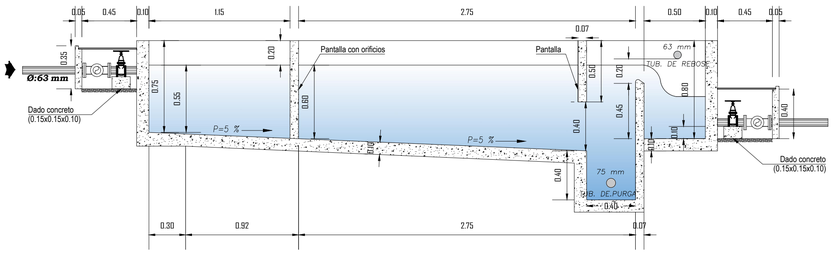
Escala: Indicadas

Lámina: 1/22



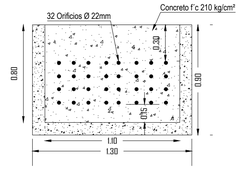
DESARENADOR EN PLANTA

ESCALA: 1 — 25



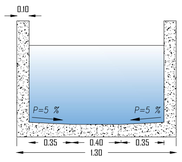
CORTE A-A

ESCALA: 1 — 25



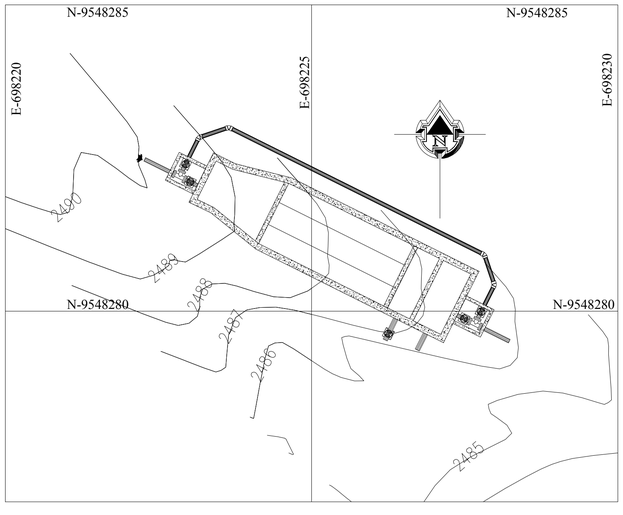
CORTE D-D

ESCALA: 1 — 25



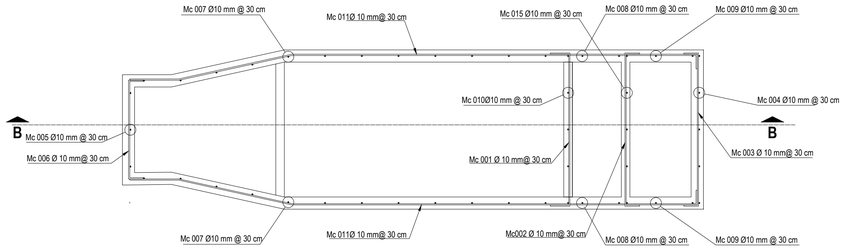
CORTE E-E

ESCALA: 1 — 25



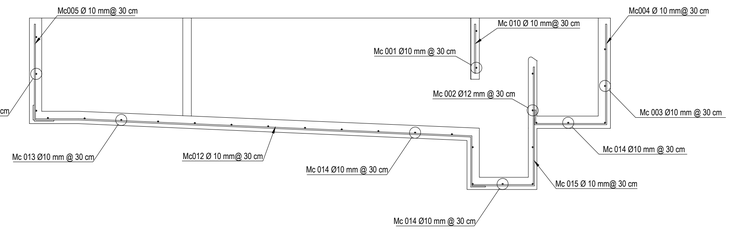
IMPLANTACIÓN DEL DESARENADOR

ESCALA: 1 — 50



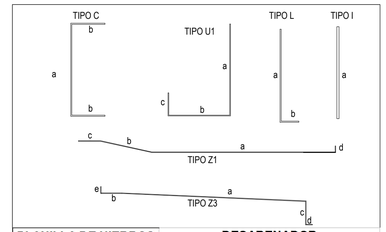
PLANTA-REFUERZO DEL DESARENADOR

ESCALA: 1 — 25



CORTE B-B

ESCALA: 1 — 25

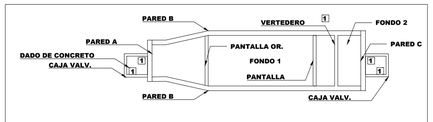


PLANILLA DE HIERROS — DESARENADOR

Marca	Ø (mm)	TIPO	CANT.	a	b	c	d	e	LONG. PARC.	LONG. TOTAL
001	10	C	2	1.22	0.16				1.54	3.08
002	10	C	4	1.22	0.16				1.54	6.16
003	10	C	2	1.22	0.16				1.54	3.08
004	10	U1	5	0.82	0.58	0.16			1.56	7.80
005	10	L	3	0.77	0.16				0.93	2.79
006	10	C	3	0.82	0.16				1.14	3.42
007	10	L	24	0.90	0.16				1.06	25.44
008	10	L	4	1.32	0.16				1.48	5.92
009	10	L	4	0.82	0.16				0.98	0.16
010	10	I	5	0.42					0.42	2.10
011	10	Z1	6	3.30	0.94	0.40	0.16		4.80	28.80
012	10	Z3	3	3.20	0.35	0.41	0.16	0.16	4.12	12.36
013	10	C	4	0.95	0.16				1.27	5.08
014	10	C	14	1.22	0.16				1.54	21.56
015	10	L	5	0.97	0.49				1.46	7.30
									Long. Total	135.05

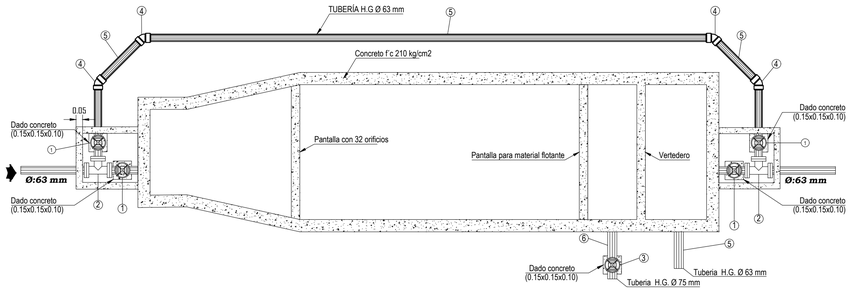
RESUMEN DE HIERROS DESARENADOR

Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PBRO (Kg)
10	135.05	12	88.85
12	0.00	0	0.00
		TOTAL =	88.85



Volumen de concreto f´c 210 kg/cm² para el desarenador

Dimensiones		e(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
0.9	0.75	0.1	Pared A	1	0.068
0.8	1.1	0.1	Pared C	1	0.088
0.6	1.3	0.1	Fondo 2	1	0.078
1.1	0.8	0.07	Pantalla con orificios	1	0.062
1.1	0.5	0.07	Pantalla	1	0.039
0.15	0.15	0.1	Dados de concreto	5	0.011
Área		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
0.07		0.35	Caja de válvulas	2	0.049
3.95		0.1	Pared B	2	0.790
0.46		1.3	Fondo 1	1	0.598
0.07		1.3	Vertedero	1	0.091
				TOTAL	1.873



INSTALACIONES HIDRÁULICAS

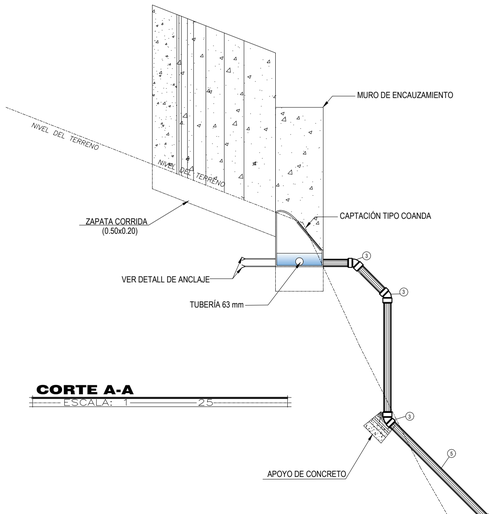
ESCALA: 1 — 25

Cuadro de accesorios del desarenador

Número	Descripción	Dn (mm)	Cantidad
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	63	4.00
2	TEE	63X63	2.00
3	VÁLVULA DE COMPUERTA	75	1.00
4	CODO 45°	63	4.00
5	TUBERÍA H.G.	63	8.00
6	TUBERÍA H.G.	75	0.50

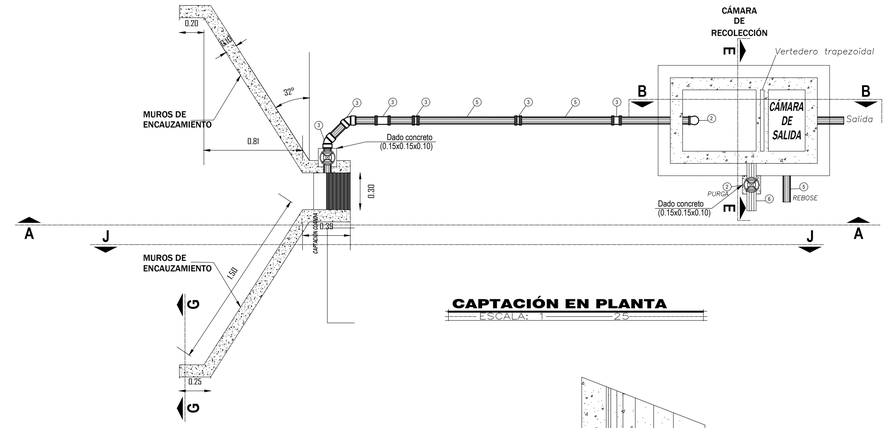
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL	Fecha: ENERO 2018
Contiene: Desarenador	Lámina: 2/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa
	Escala: Indicadas

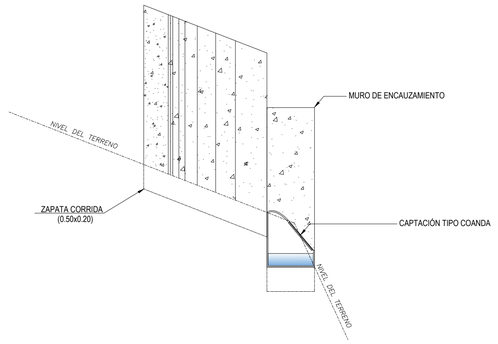


CORTE A-A
ESCALA: 1 — 25

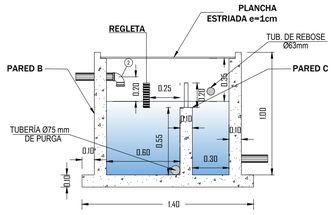
Cuadro de accesorios de la captación			
Número	Descripción	Dn (mm)	Cantidad
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	63	3.00
2	VÁLVULA DE COMPUERTA	75	1.00
3	CODO 45° H.G.	63	8.00
4	TEE 45° H.G.	63X63	2.00
5	TUBERÍA H.G	63	6.50
6	TUBERÍA H.G	75	0.50



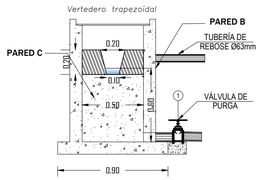
CAPTACIÓN EN PLANTA
ESCALA: 1 — 25



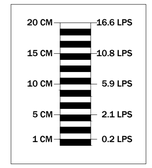
CORTE J-J
ESCALA: 1 — 25



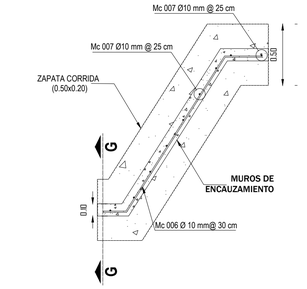
CORTE B-B
ESCALA: 1 — 25



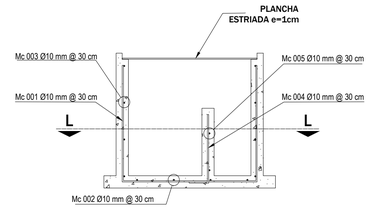
CORTE E-E
ESCALA: 1 — 25



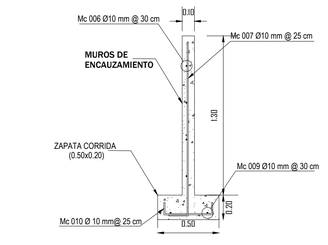
REGLETA
ESCALA: 1 — 5



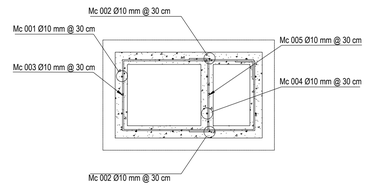
REFUERZO EN MURO DE ENCAUZAMIENTO
ESCALA: 1 — 25



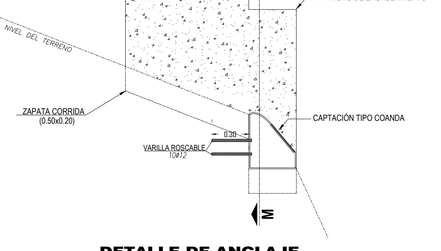
REFUERZO DE CÁMARA DE RECOLECCIÓN
ESCALA: 1 — 25



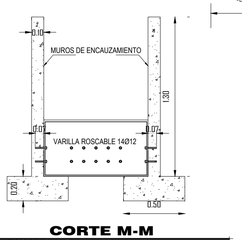
CORTE G-G
ESCALA: 1 — 25



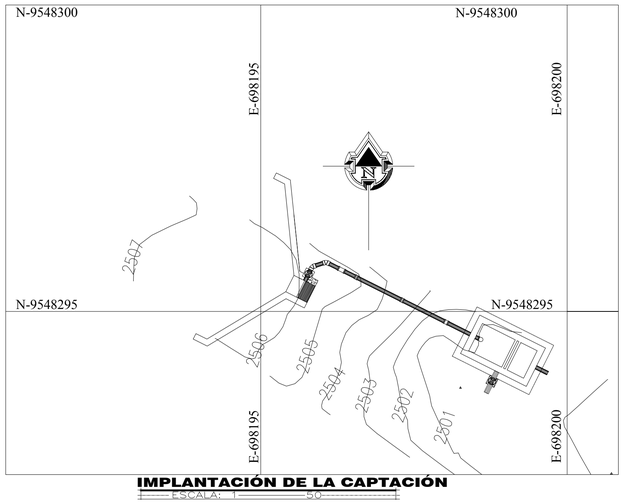
CORTE L-L
ESCALA: 1 — 25



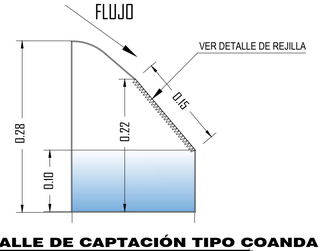
DETALLE DE ANCLAJE
ESCALA: 1 — 25



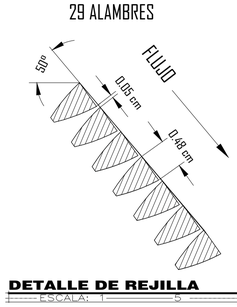
CORTE M-M
ESCALA: 1 — 25



IMPLANTACIÓN DE LA CAPTACIÓN
ESCALA: 1 — 50



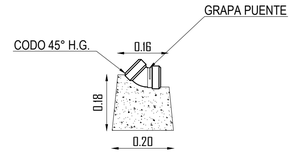
DETALLE DE CAPTACIÓN TIPO COANDA
ESCALA: 1 — 10



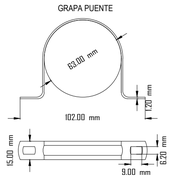
DETALLE DE REJILLA
ESCALA: 1 — 5

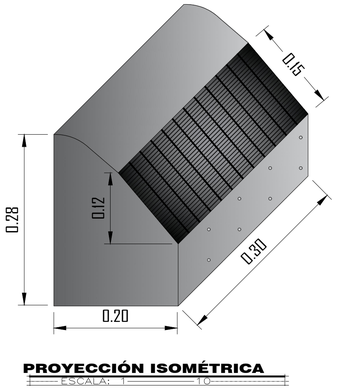


DETALLE DE APOYO
ESCALA: 1 — 10



CORTE N-N
ESCALA: 1 — 10

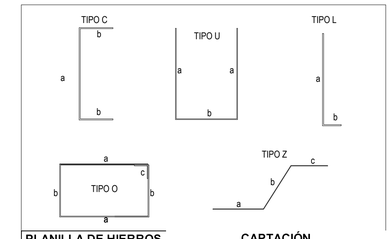




PROYECCIÓN ISOMÉTRICA
ESCALA: 1 — 10



Volumen de concreto f´c 210 kg/cm² para la captación					
Dimensiones		e(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
0.500	0.550	0.100	Pared C	1	0.028
1.300	0.900	0.100	Base	1	0.117
0.150	0.150	0.100	Dados de concreto	2	0.005
0.200	0.163	0.182	Apoyo para codo 45°	2	0.012
Área		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
0.209		1.300	Muro de encauzamiento	2	0.543
1.045		0.200	Zapata A	2	0.418
0.340		1.000	Pared B	1	0.340
				Total	**1.462**



PLANILLA DE HIERROS — CAPTACIÓN

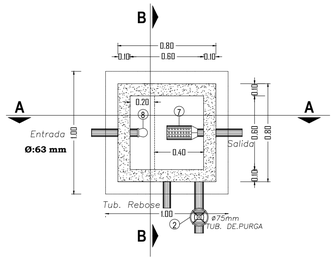
Marca	Ø (mm)	TIPO	CANT.	a	b	c	d	e	LONG. PARCIAL	LONG. TOTAL
001	10	U	2	0.94	1.10				2.98	5.96
002	10	U	4	0.94	0.60				2.48	9.92
003	10	O	4	1.08	0.56	0.16			3.60	14.40
004	10	L	2	0.55	0.16				0.71	1.42
005	10	C	2	0.58	0.16				0.90	1.80
006	10	Z	8	0.19	1.50	0.31			2.00	16.00
007	10	L	18	1.41	0.16				1.57	28.26
009	10	Z	4	0.30	1.50	0.22			2.02	1.72
010	10	C	18	0.38	0.10				0.58	10.44
									Long. Total	**89.92**

RESUMEN DE HIERROS CAPTACIÓN

Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PESO (Kg)
10	89.92	8	59.23
12	0.00	0	0.00
		TOTAL =	**59.23**

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

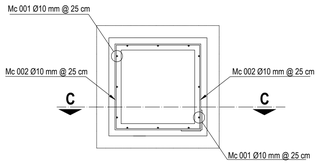
Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL	**Fecha:** Octubre 2017
Contiene: Captación tipo coanda	**Lámina:** 3/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	**Profesionales en formación:** - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa
	Escala: Indicadas



VISTA EN PLANTA CÁMARA DE CARGA

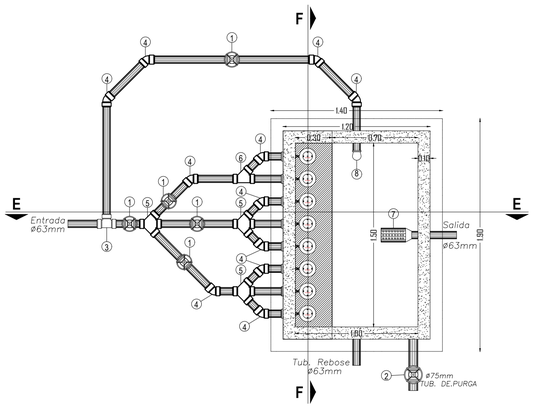
ESCALA: 1 — 25

Cuadro de accesorios de la cámara de carga			
Número	Descripción	Dn (mm)	Cantidad
2	VÁLVULA DE COMPUERTA	75	1
7	CANASTILLA DE BRONCE	114	1
8	CODO 90°	63	1



REFUERZO-CÁMARA DE CARGA

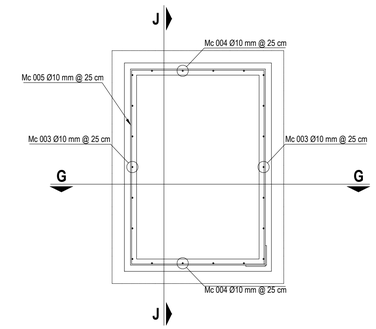
ESCALA: 1 — 25



VISTA EN PLANTA CÁMARA PARA MICROTURBINAS

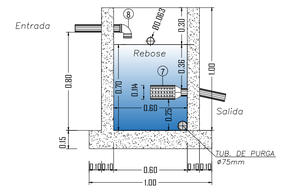
ESCALA: 1 — 25

Cuadro de accesorios de las cámaras para microturbinas			
Número	Descripción	Dn (mm)	Cantidad
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	63	10
2	VÁLVULA DE COMPUERTA	75	2
3	TEE	63	14
4	CODO 45° H.G.	63	22
5	DOBLE Y-TEE 45°	63	6
6	Y-TEE 45°	63	2
7	CANASTILLA DE BRONCE	114	2
8	CODO 90°	63	2
9	REDUCTOR	63X25	16



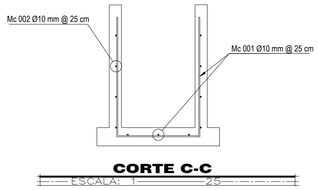
REFUERZO- CÁMARA PARA MICROTURBINAS

ESCALA: 1 — 25



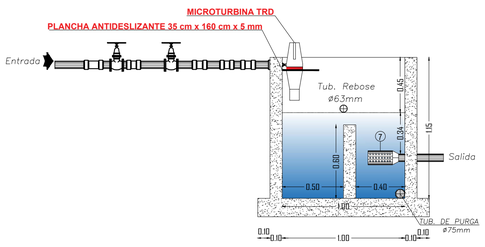
CORTE A-A

ESCALA: 1 — 25



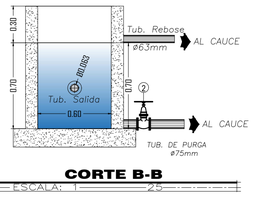
CORTE C-C

ESCALA: 1 — 25



CORTE E-E

ESCALA: 1 — 25



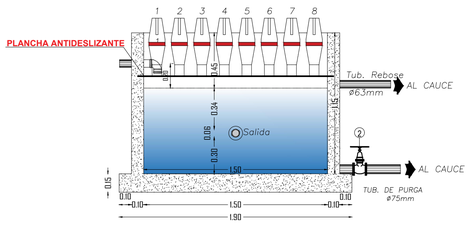
CORTE B-B

ESCALA: 1 — 25



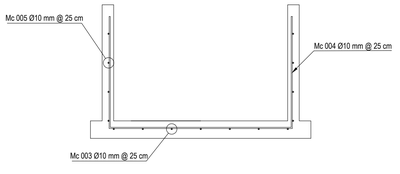
IMPLANTACIÓN CÁMARA DE CARGA

ESCALA: 1 — 25



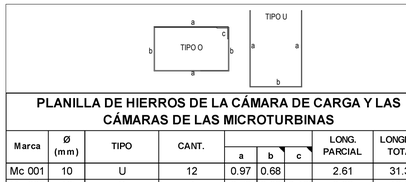
CORTE F-F

ESCALA: 1 — 25



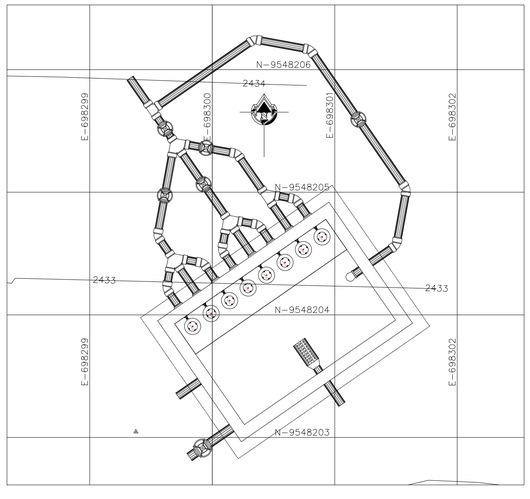
CORTE J-J

ESCALA: 1 — 25



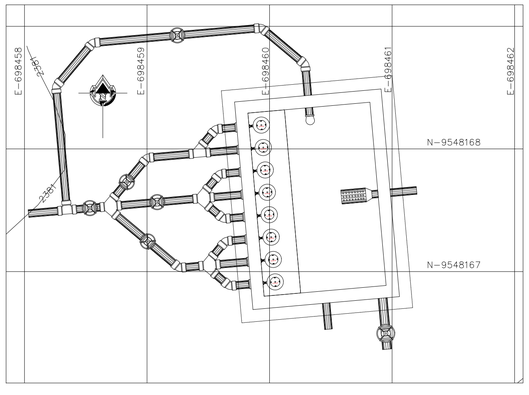
CORTE G-G

ESCALA: 1 — 25



IMPLANTACIÓN DE CÁMARA PARA MICROTURBINAS 1

ESCALA: 1 — 25



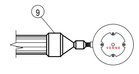
IMPLANTACIÓN DE CÁMARA PARA MICROTURBINAS 2

ESCALA: 1 — 25



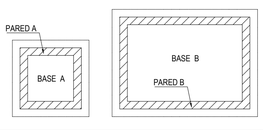
SOPORTE PARA MICROTURBINAS

ESCALA: 1 — 25



UNIÓN TUBERÍA-MICROTURBINA

ESCALA: 1 — 10



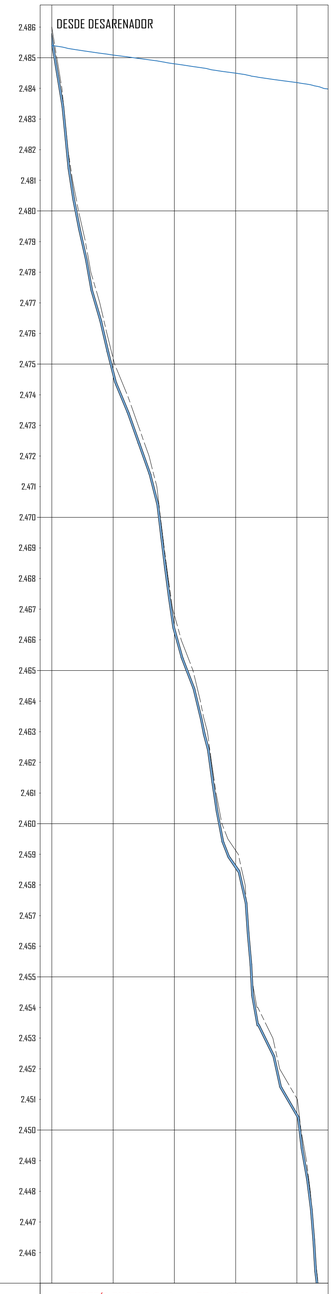
Volumen de concreto f´c 210 kg/cm² para la cámara de carga					
Dimensiones		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
1.000	1.000	0.150	BASE A	1	0.150
Área		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
0.280		1.000	PARED A	1	0.280
				Sub Total	**0.430**
Volumen de concreto f´c 210 kg/cm² para cámaras de las microturbinas					
Dimensiones		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
1.900	1.400	0.150	BASE B	2	0.798
Área		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
0.540		1.150	PARED B	2	1.242
				Sub Total	**2.040**
				Total	**2.470**

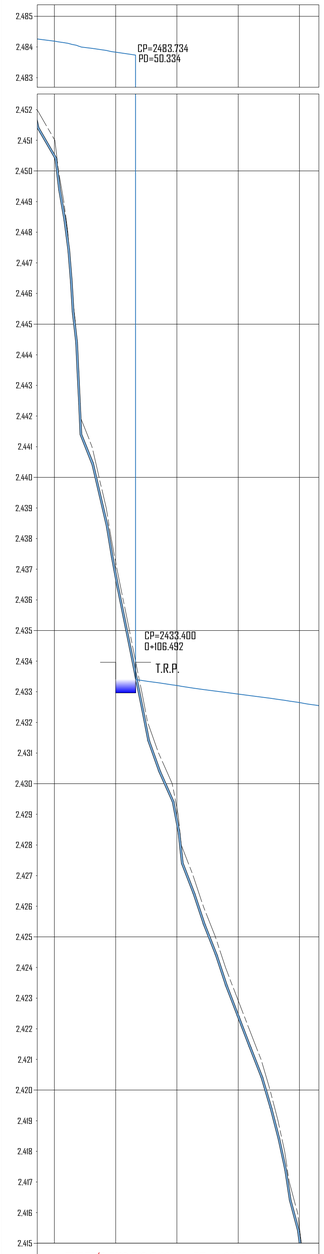
PLANILLA DE HIERROS DE LA CÁMARA DE CARGA Y LAS CÁMARAS DE LAS MICROTURBINAS								
Marca	Ø (mm)	TIPO	CANT.	a	b	c	LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
Mc 001	10	U	12	0.97	0.68		2.61	31.32
Mc 002	10	O	4	0.70	0.68	0.16	3.08	12.32
Mc 003	10	U	28	0.97	1.08		3.01	84.28
Mc 004	10	U	16	0.97	1.58		3.51	56.16
Mc 005	10	O	8	1.60	1.08	0.16	5.68	45.44
							Long. Total	**229.52**

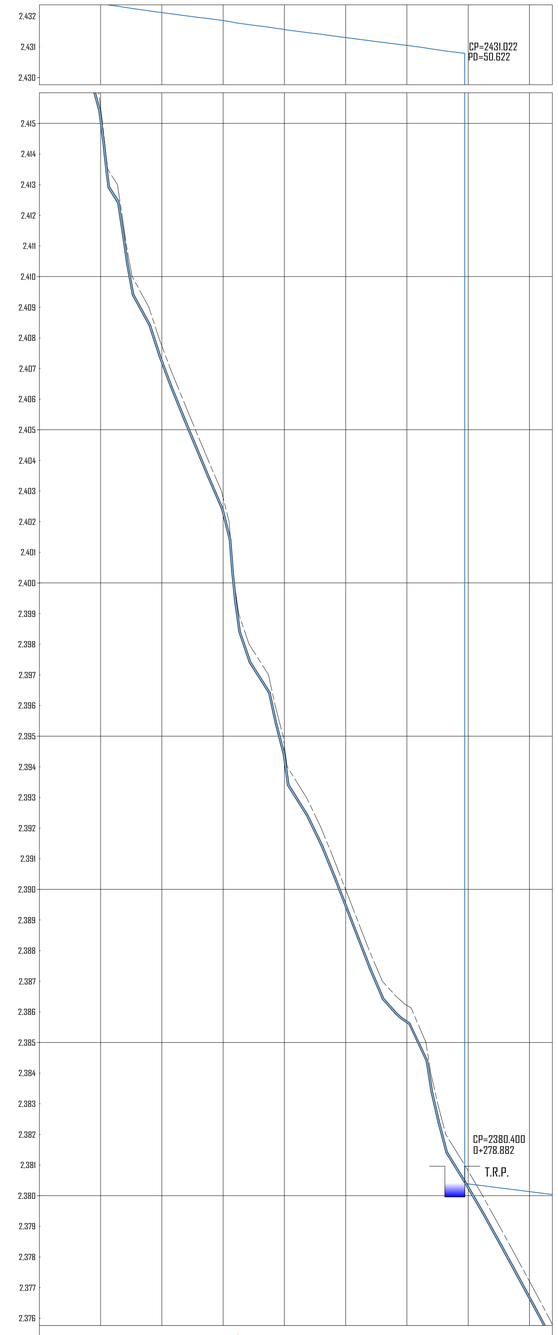
RESUMEN DE HIERROS PARA CÁMARA DE CARGA Y CÁMARAS DE LAS MICROTURBINAS			
Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PESO (Kg)
10	229.52	20	148.08
		TOTAL =	**148.08**

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: *Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL*		**Fecha:** *Octubre 2017*
Contiene: *Cámara de carga y microturbinas TRD*		**Lámina:** 4/22
Revisión: *Holger Benavides Muñoz*	**Profesionales en formación:** *- Alexander León Rosales* *- Michelle Quezada Costa*	**Escala:** *Indicadas*





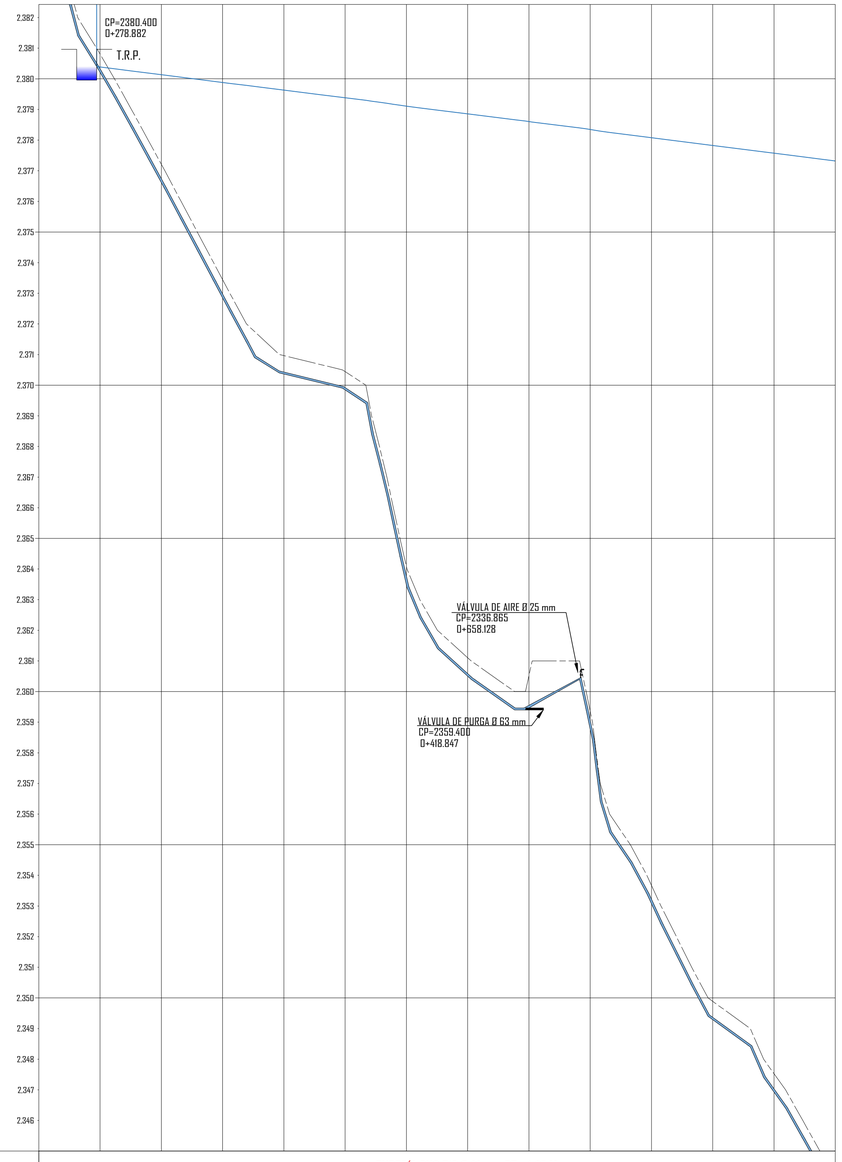


ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m					
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINÁMICA	0.000	10.495	18.598	26.096	33.765	
COTA DE TERRENO	2.486.000	2.475.194	2.466.804	2.459.000	2.451.026	
COTA DE PROYECTO	2.485.400	2.474.594	2.466.204	2.458.400	2.450.426	
COTA PIEZOMÉTRICA	2.485.400	2.485.089	2.484.802	2.484.496	2.484.191	
ABSCISA	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+080.00	

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m					
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINÁMICA	33.765	47.200	4.601	10.603	17.741	
COTA DE TERRENO	2.451.026	2.437.229	2.429.204	2.422.922	2.415.508	
COTA DE PROYECTO	2.450.426	2.436.629	2.428.604	2.422.322	2.414.908	
COTA PIEZOMÉTRICA	2.484.191	2.483.829	2.433.205	2.432.925	2.432.648	
ABSCISA	0+080.00	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+160.00	

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m							
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINÁMICA	17.741	25.219	29.913	37.717	42.153	45.763	0.178	3.524
COTA DE TERRENO	2.415.508	2.407.732	2.402.778	2.394.683	2.389.986	2.386.120	2.380.808	2.377.211
COTA DE PROYECTO	2.414.908	2.407.132	2.402.178	2.394.083	2.389.386	2.385.520	2.380.208	2.376.611
COTA PIEZOMÉTRICA	2.432.648	2.432.351	2.402.091	2.431.801	2.431.539	2.431.284	2.380.386	2.380.134
ABSCISA	0+160.00	0+180.00	0+200.00	0+220.00	0+240.00	0+260.00	0+280.00	0+300.00

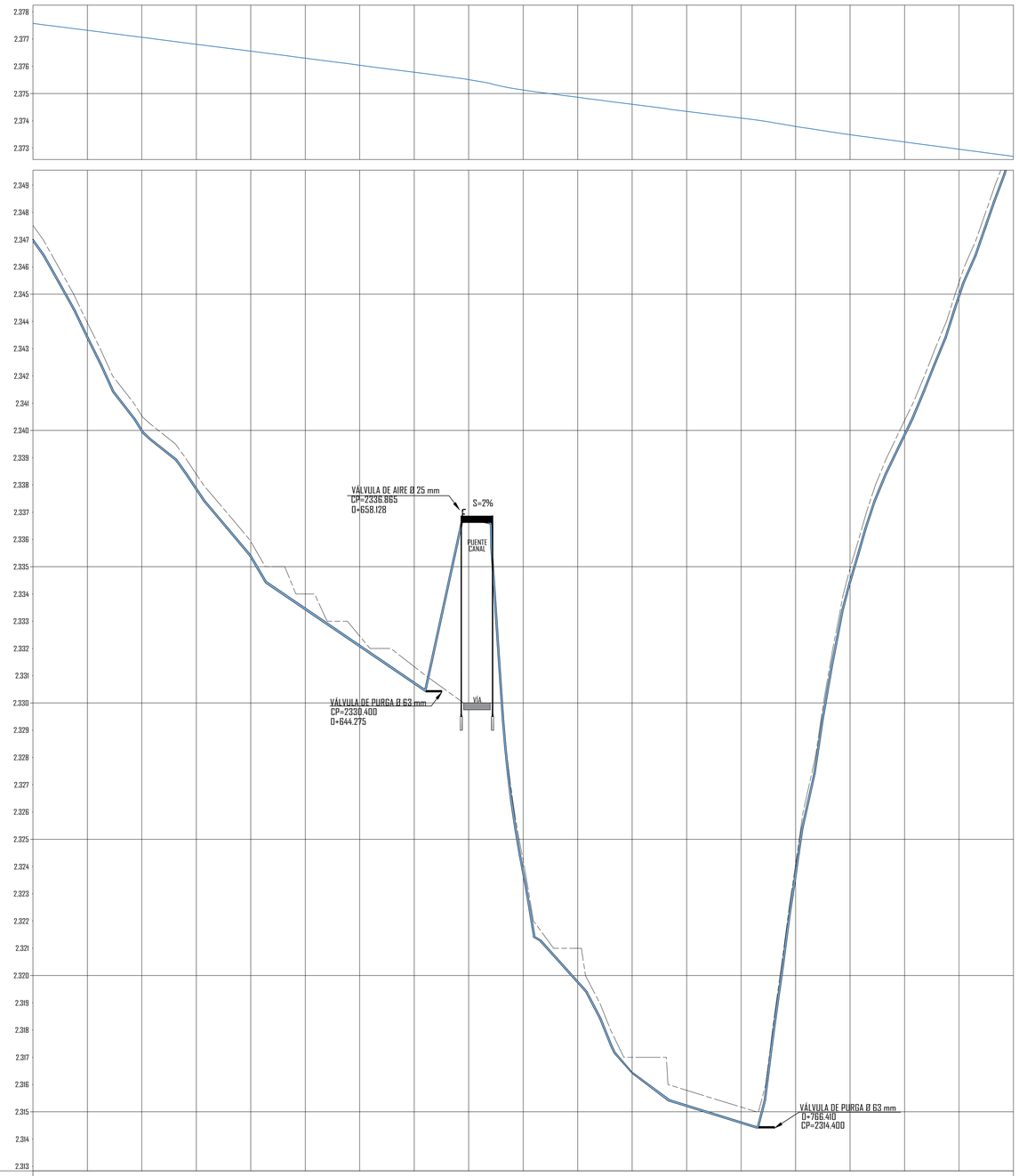


ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m												
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINÁMICA	0.178	3.524	7.034	9.230	9.538	15.621	18.353	18.683	19.591	25.002	28.537	30.647	33.971
COTA DE TERRENO	2.380.808	2.377.211	2.373.447	2.371.000	2.370.444	2.364.087	2.361.103	2.360.522	2.359.356	2.353.675	2.349.887	2.347.525	2.343.948
COTA DE PROYECTO	2.380.208	2.376.611	2.372.847	2.370.400	2.369.844	2.363.487	2.360.503	2.359.922	2.358.756	2.353.075	2.349.287	2.346.925	2.343.348
COTA PIEZOMÉTRICA	2.380.386	2.380.134	2.379.881	2.379.630	2.379.382	2.379.108	2.378.856	2.378.604	2.378.347	2.378.077	2.377.824	2.377.572	2.377.319
ABSCISA	0+280.00	0+300.00	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+480.00	0+500.00	0+520.00

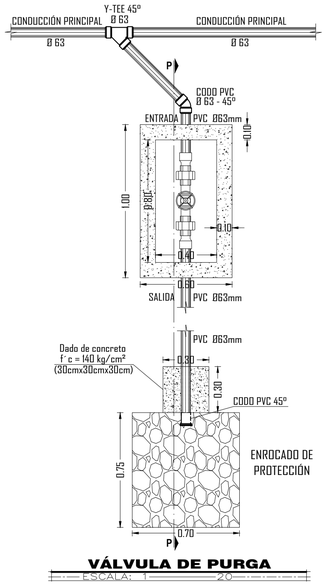
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL	Fecha: ENERO 2018
Contiene: Perfil longitudinal de la alternativa 1	Lámina: 5/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa
	Escala: Indicadas

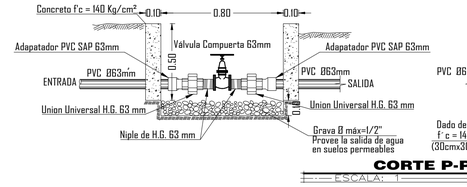


ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

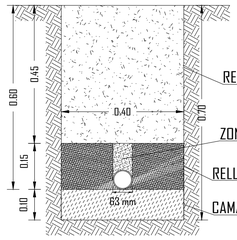
DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m																				
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.594	0.302	0.558		0.600	0.600	1.281	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINÁMICA	33.971	37.133	39.014	41.242	42.898	44.185	45.051	38.644	51.514	54.466	58.206	59.158	59.629	50.322	39.162	33.467	28.128	22.198			
COTA DE TERRENO	2,343.948	2,340.630	2,338.393	2,335.913	2,334.00	2,332.453	2,331.332	2,330.000	2,324.216	2,321.000	2,317.000	2,315.789	2,314.571	2,324.073	2,334.930	2,340.358	2,345.432	2,351.098			
COTA DE PROYECTO	2,343.348	2,339.930	2,337.793	2,335.313	2,333.406	2,332.151	2,330.774	2,329.865	2,323.616	2,319.719	2,316.400	2,315.189	2,314.571	2,323.473	2,334.330	2,339.758	2,344.832	2,350.498			
COTA PIEZOMÉTRICA	2,377.319	2,377.063	2,376.807	2,376.555	2,376.298	2,376.039	2,375.783	2,375.509	2,375.130	2,374.866	2,374.606	2,374.347	2,374.100	2,373.795	2,373.492	2,373.226	2,372.960	2,372.695			
ABSCISA	0+520.00	0+540.00	0+560.00	0+580.00	0+600.00	0+620.00	0+640.00	0+660.00	0+680.00	0+700.00	0+720.00	0+740.00	0+760.00	0+780.00	0+800.00	0+820.00	0+840.00	0+860.00			



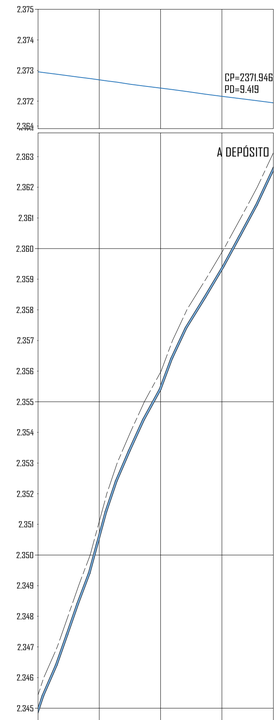
VÁLVULA DE PURGA
ESCALA: 1 — 20



CORTE P-P
ESCALA: 1 — 20

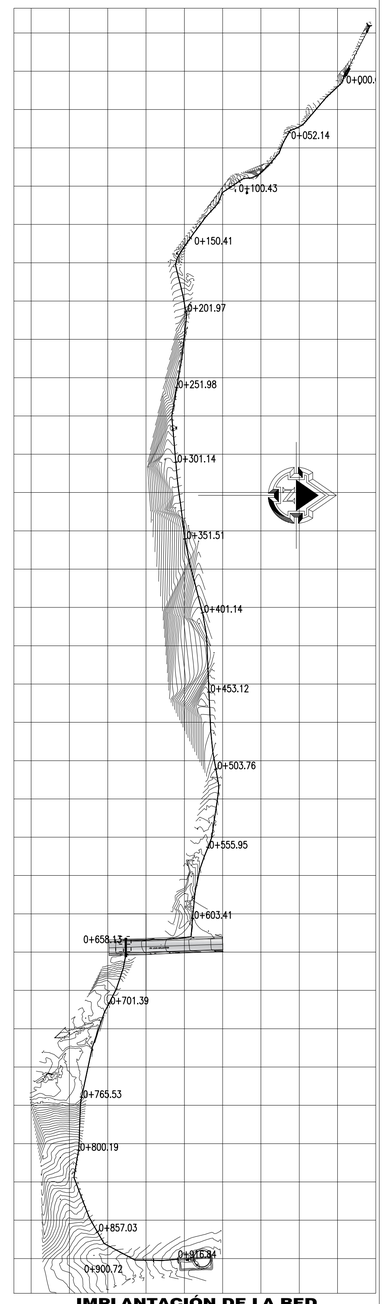


SECCIÓN TÍPICA DEL CORTE Y RELLENO DE TUBERÍAS



ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

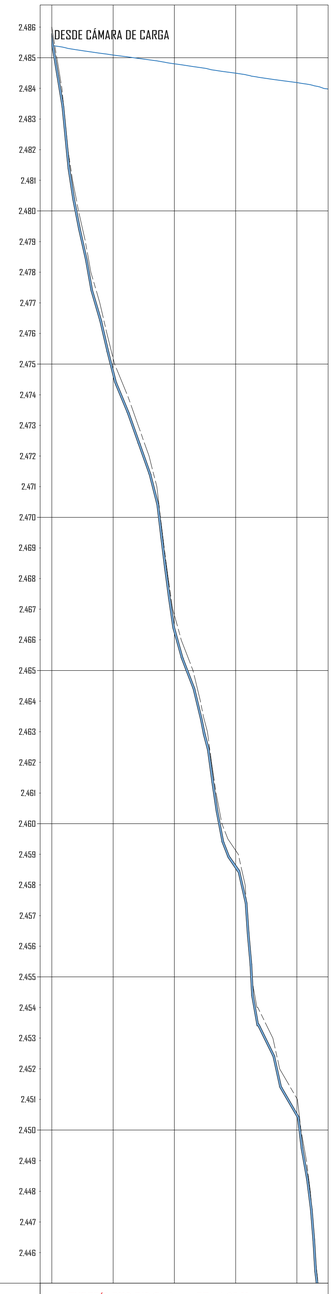
DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m				
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	
PRESIÓN DINÁMICA	22.198	17.056	12.880	9.419	
COTA DE TERRENO	2,351.098	2,355.971	2,359.880	2,363.127	
COTA DE PROYECTO	2,350.498	2,355.371	2,359.280	2,362.527	
COTA PIEZOMÉTRICA	2,372.695	2,372.422	2,372.159	2,371.946	2,362.527
ABSCISA	0+860.00	0+880.00	0+900.00	0+916.83	

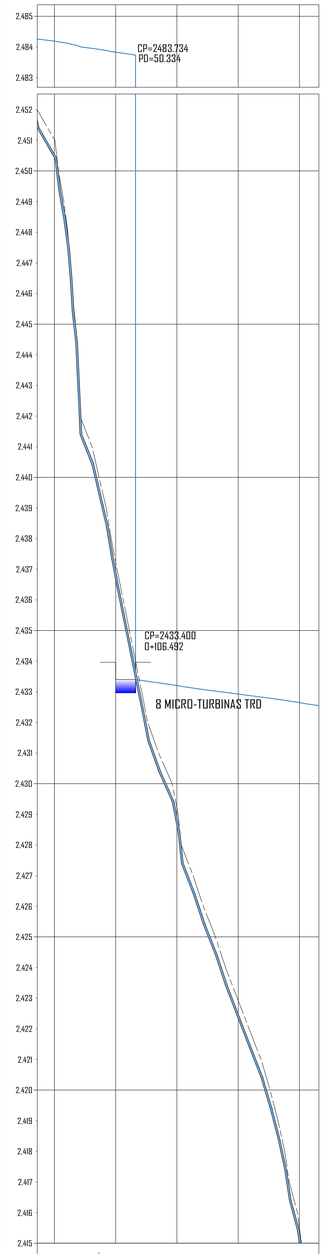


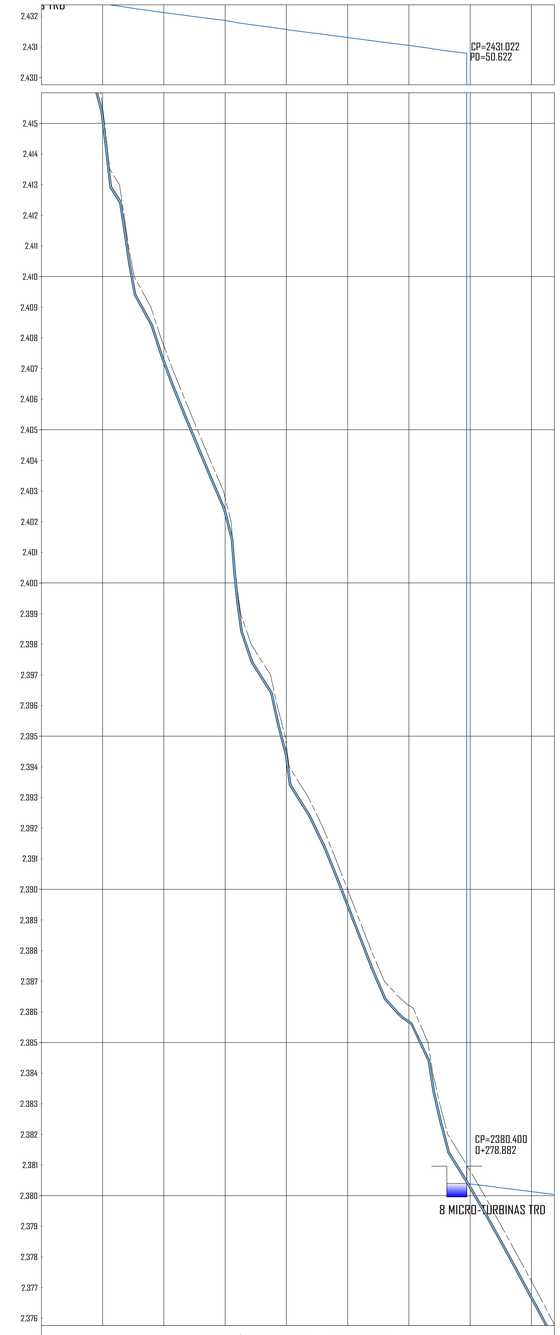
IMPLANTACIÓN DE LA RED
ESCALA: S — E

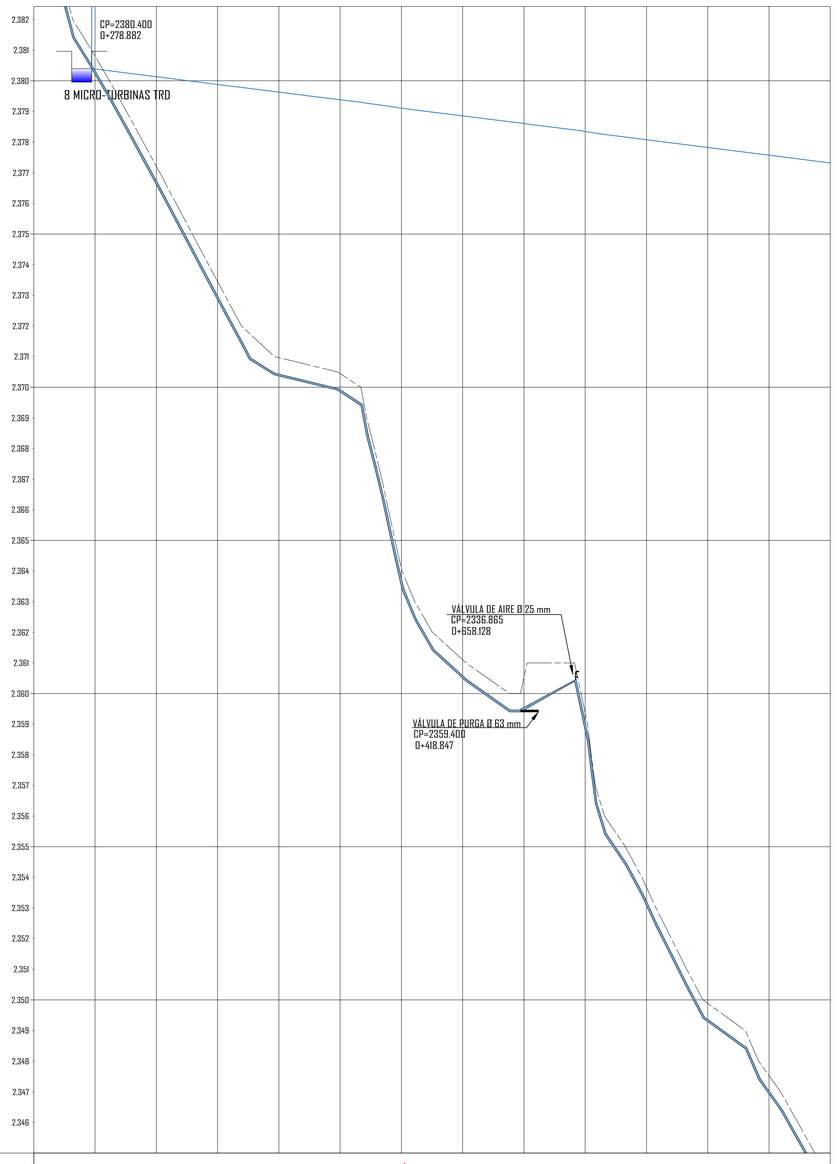
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL			Fecha: ENERO 2018
Contiene: Perfil longitudinal de la alternativa 1			Lámina: 6/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa	Escala: Indicadas	









ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m					
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	0.000	10.495	18.598	26.096	33.765	
COTA DE TERRENO	2,486.000	2,475.194	2,466.804	2,459.000	2,451.026	
COTA DE PROYECTO	2,485.400	2,474.594	2,466.204	2,458.400	2,450.426	
COTA PIEZOMÉTRICA	2,485.400	2,485.089	2,484.802	2,484.496	2,484.191	
ABSCISA	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+080.00	

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m					
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	33.765	47.200	4.601	10.603	17.741	
COTA DE TERRENO	2,451.026	2,437.229	2,429.204	2,422.922	2,415.508	
COTA DE PROYECTO	2,450.426	2,436.629	2,428.604	2,422.322	2,414.908	
COTA PIEZOMÉTRICA	2,484.191	2,483.829	2,433.205	2,432.925	2,432.648	
ABSCISA	0+080.00	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+160.00	

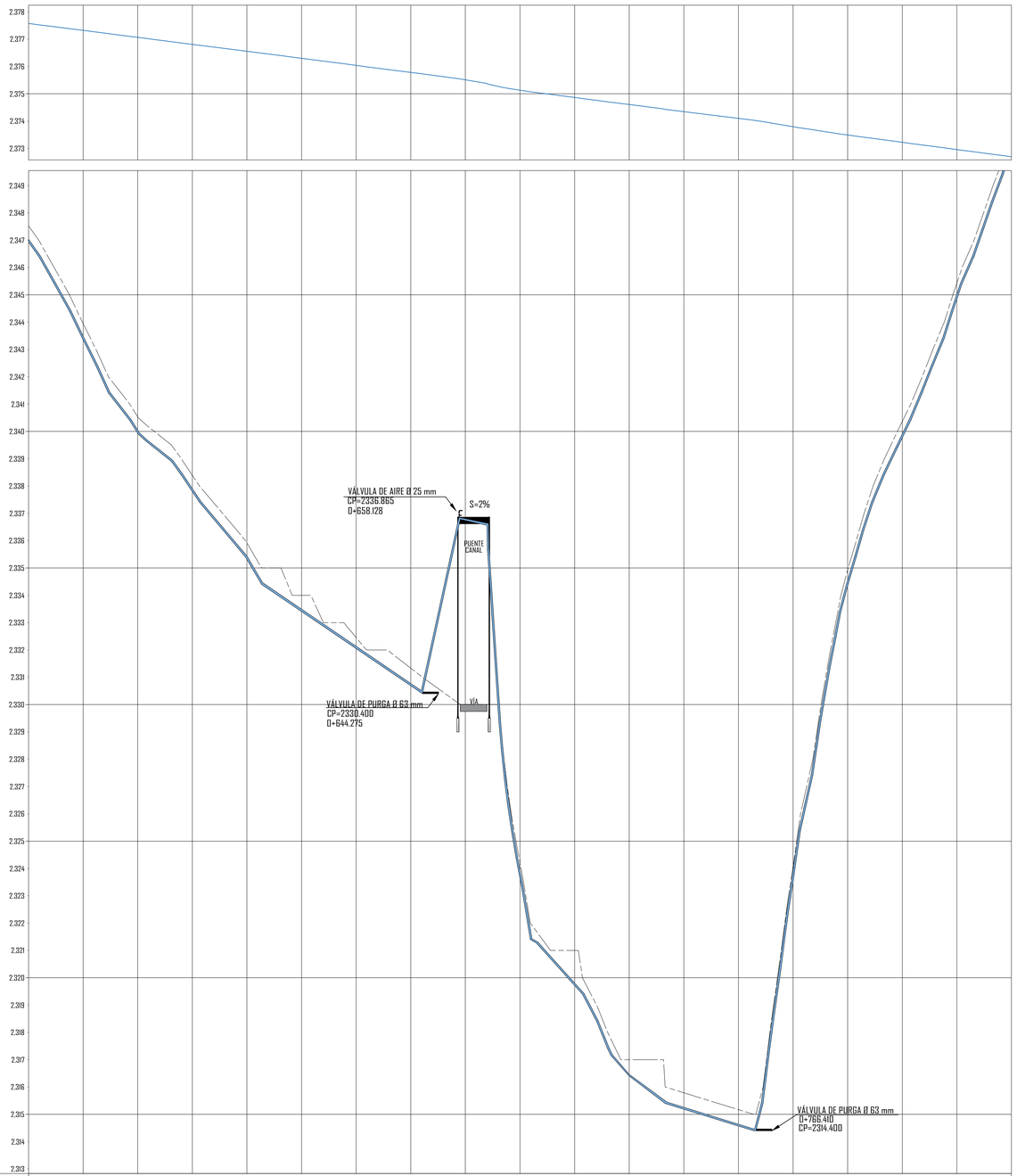
DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m							
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	17.741	25.219	29.913	37.717	42.153	45.763	0.178	3.524
COTA DE TERRENO	2,415.508	2,407.732	2,402.778	2,394.683	2,389.986	2,386.120	2,380.808	2,377.211
COTA DE PROYECTO	2,414.908	2,407.132	2,402.178	2,394.083	2,389.386	2,385.520	2,380.208	2,376.611
COTA PIEZOMÉTRICA	2,432.648	2,432.351	2,432.091	2,431.801	2,431.539	2,431.284	2,380.386	2,380.134
ABSCISA	0+160.00	0+180.00	0+200.00	0+220.00	0+240.00	0+260.00	0+280.00	0+300.00

ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m												
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	0.178	3.524	7.034	9.230	9.538	15.621	18.353	18.683	19.591	25.002	28.537	30.647	33.971
COTA DE TERRENO	2,380.808	2,377.211	2,373.447	2,371.000	2,370.444	2,364.087	2,361.103	2,360.522	2,359.356	2,353.675	2,349.887	2,347.525	2,343.948
COTA DE PROYECTO	2,380.208	2,376.611	2,372.847	2,370.400	2,369.844	2,363.487	2,360.503	2,359.922	2,358.756	2,353.075	2,349.287	2,346.925	2,343.348
COTA PIEZOMÉTRICA	2,380.386	2,380.134	2,379.881	2,379.630	2,379.382	2,379.108	2,378.856	2,378.604	2,378.347	2,378.077	2,377.824	2,377.572	2,377.319
ABSCISA	0+280.00	0+300.00	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+480.00	0+500.00	0+520.00

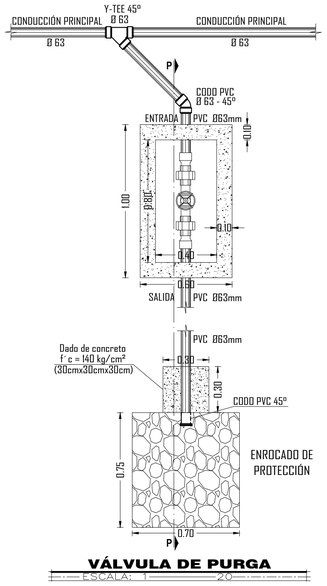
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL	Fecha: ENERO 2018
Contiene: Perfil longitudinal de la alternativa 1	Lámina: 7/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa
Escala: Indicadas	

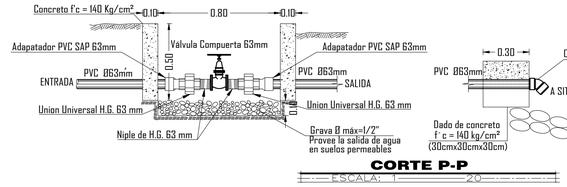


ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

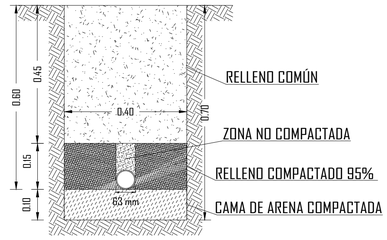
DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m																				
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.594	0.302	0.558		0.600	1.281	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	33.971	37.133	39.014	41.242	42.898	44.185	45.051	38.644	51.514	54.466	58.206	59.158	59.629	50.322	39.162	33.467	28.128	22.198			
COTA DE TERRENO	2,343.948	2,340.630	2,338.393	2,335.913	2,334.000	2,332.453	2,331.332	2,330.000	2,324.216	2,321.000	2,317.000	2,315.789	2,315.171	2,324.073	2,334.930	2,340.358	2,345.432	2,351.098			
COTA DE PROYECTO	2,343.348	2,339.930	2,337.793	2,335.313	2,333.400	2,331.853	2,330.232	2,328.865	2,323.616	2,320.400	2,316.400	2,315.189	2,314.571	2,323.473	2,334.330	2,339.758	2,344.832	2,350.498			
COTA PIEZOMÉTRICA	2,377.319	2,377.063	2,376.807	2,376.555	2,376.298	2,376.039	2,375.783	2,375.509	2,375.130	2,374.866	2,374.606	2,374.347	2,374.100	2,373.795	2,373.492	2,373.226	2,372.960	2,372.695			
ABSCISA	0+520.00	0+540.00	0+560.00	0+580.00	0+600.00	0+620.00	0+640.00	0+660.00	0+680.00	0+700.00	0+720.00	0+740.00	0+760.00	0+780.00	0+800.00	0+820.00	0+840.00	0+860.00			



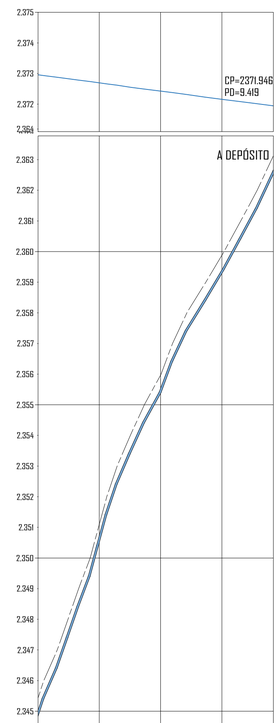
VÁLVULA DE PURGA
ESCALA: 1 — 20



CORTE P-P
ESCALA: 1 — 20

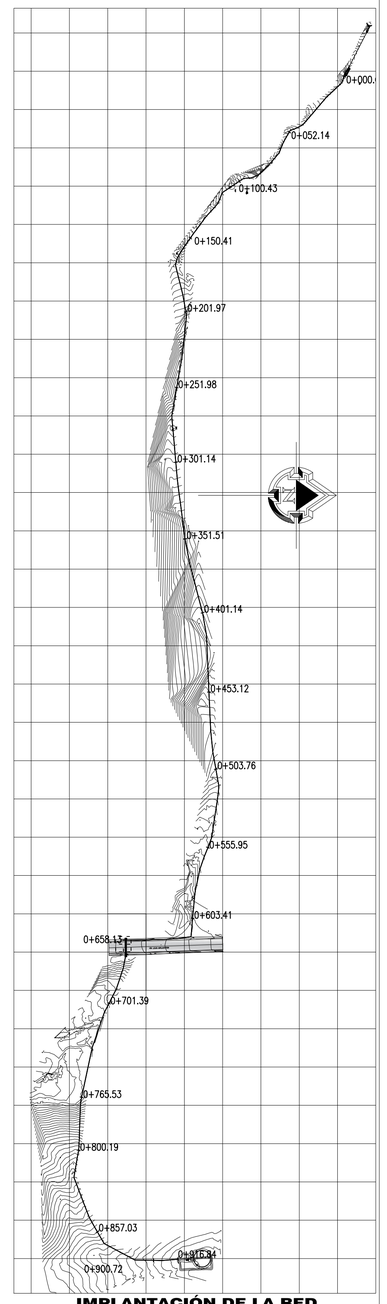


SECCIÓN TÍPICA DEL CORTE Y RELLENO DE TUBERÍAS



ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

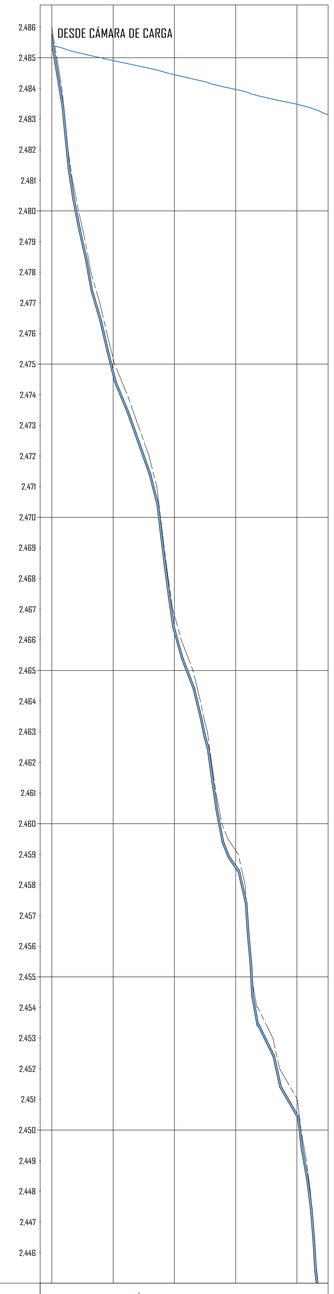
DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m			
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	22.198	17.056	12.880	9.419
COTA DE TERRENO	2,351.098	2,355.971	2,359.880	2,363.127
COTA DE PROYECTO	2,350.498	2,355.371	2,359.280	2,362.527
COTA PIEZOMÉTRICA	2,372.695	2,372.422	2,372.159	2,371.946
ABSCISA	0+860.00	0+880.00	0+900.00	0+916.83

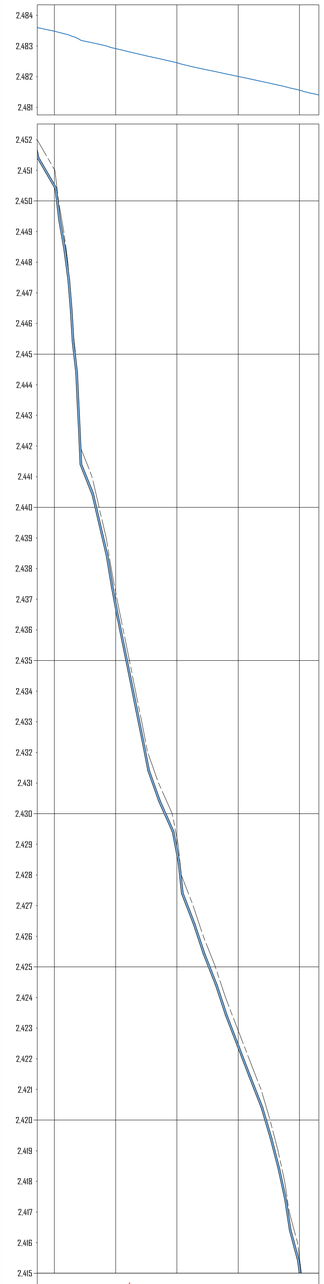


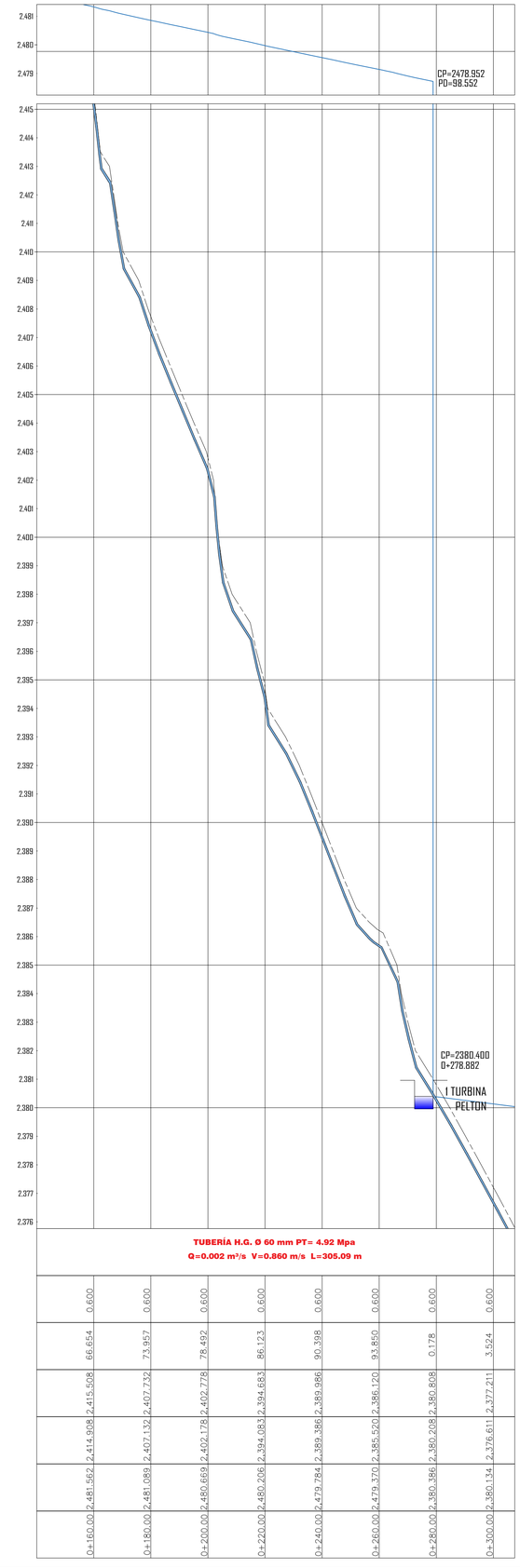
IMPLANTACIÓN DE LA RED
ESCALA: 1 — 5

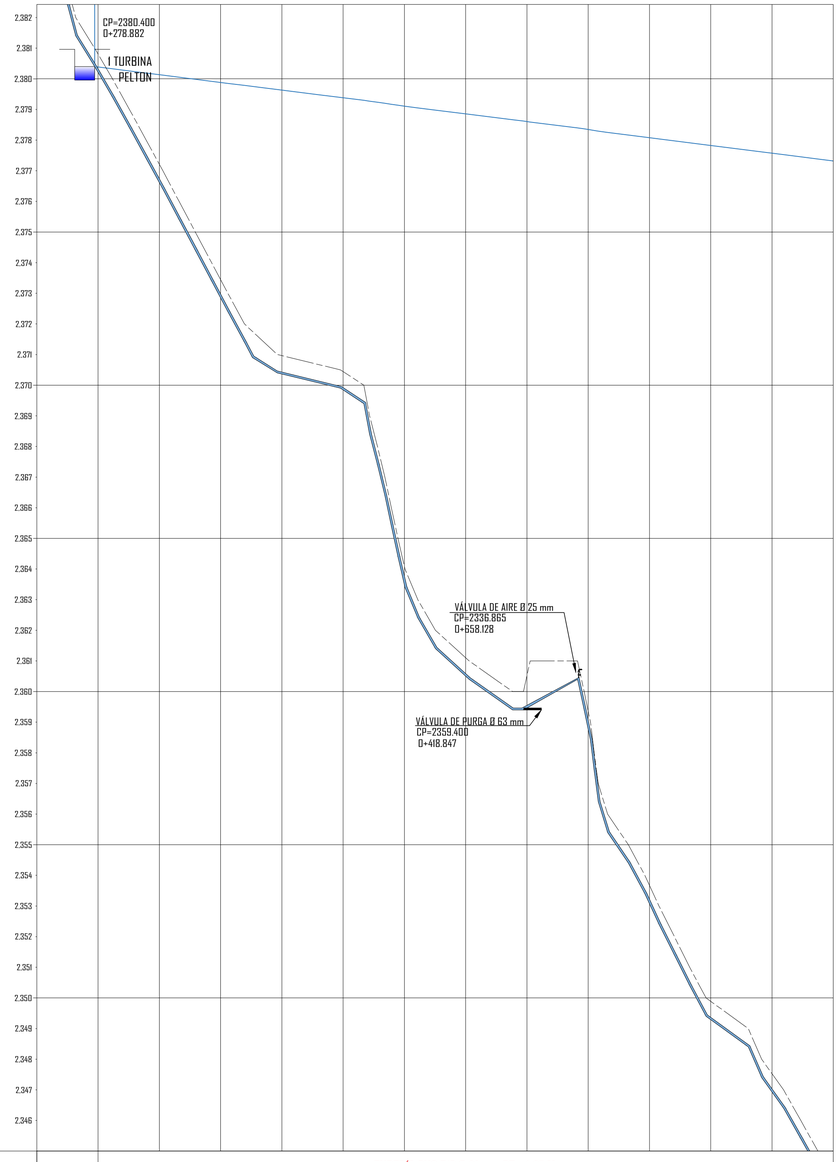
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL			Fecha: ENERO 2018
Contiene: Perfil longitudinal de la alternativa 2			Lámina: 8/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa	Escala: Indicadas	









ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA H.G. Ø 60 mm PT= 4.92 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.860 m/s L=305.09 m					
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	0.000	10.312	18.243	25.567	33.057	
COTA DE TERRENO	2.486.000	2.475.194	2.466.804	2.459.000	2.451.026	
COTA DE PROYECTO	2.485.400	2.474.594	2.466.204	2.458.400	2.450.426	
COTA PIEZOMÉTRICA	2.485.400	2.484.906	2.484.447	2.483.967	2.483.483	
ABSCISA	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+080.00	

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA H.G. Ø 60 mm PT= 4.92 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.860 m/s L=305.09 m				
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	33.057	46.285	53.848	59.684	66.654
COTA DE TERRENO	2.451.026	2.437.229	2.429.204	2.422.922	2.415.508
COTA DE PROYECTO	2.450.426	2.436.629	2.428.604	2.422.322	2.414.908
COTA PIEZOMÉTRICA	2.483.483	2.482.914	2.482.452	2.482.007	2.481.562
ABSCISA	0+080.00	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+160.00

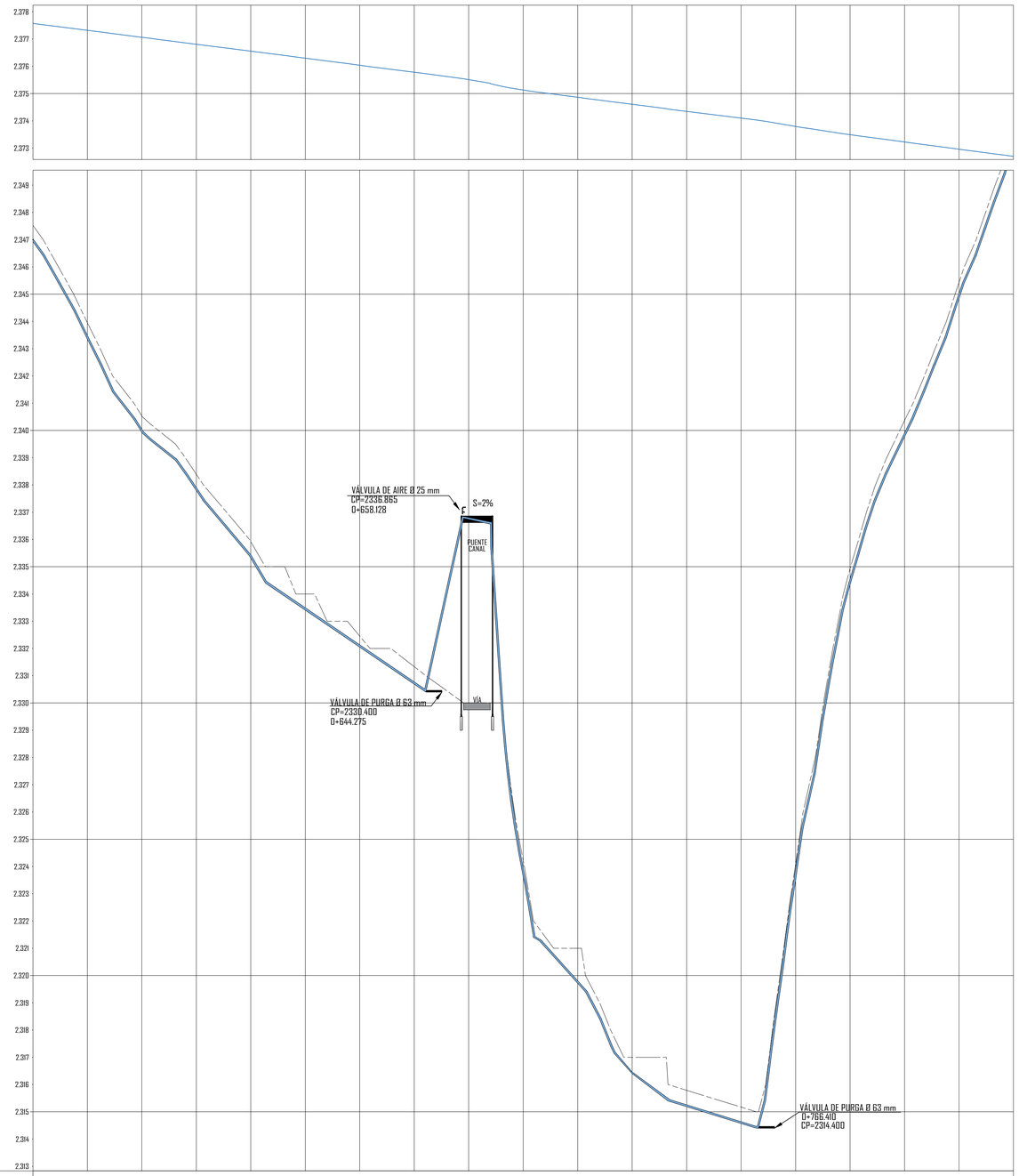
DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA H.G. Ø 60 mm PT= 4.92 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.860 m/s L=305.09 m								
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	66.654	73.957	78.492	86.123	90.398	93.850	0.178	3.524	
COTA DE TERRENO	2.415.508	2.407.732	2.402.778	2.394.683	2.389.986	2.386.120	2.380.808	2.377.211	
COTA DE PROYECTO	2.414.908	2.407.132	2.402.178	2.394.083	2.389.386	2.385.520	2.380.208	2.376.611	
COTA PIEZOMÉTRICA	2.481.562	2.481.089	2.480.669	2.480.206	2.479.784	2.479.370	2.380.386	2.380.134	
ABSCISA	0+160.00	0+180.00	0+200.00	0+220.00	0+240.00	0+260.00	0+280.00	0+300.00	

ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=662.96 m													
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	0.178	3.524	7.034	9.230	9.538	15.621	18.353	18.683	19.591	25.002	28.537	30.647	33.971	
COTA DE TERRENO	2.380.808	2.377.211	2.373.447	2.371.000	2.370.444	2.364.087	2.361.103	2.360.522	2.359.356	2.353.675	2.349.887	2.347.525	2.343.948	
COTA DE PROYECTO	2.380.208	2.376.611	2.372.847	2.370.400	2.369.844	2.363.487	2.360.503	2.359.922	2.358.756	2.353.075	2.349.287	2.346.925	2.343.348	
COTA PIEZOMÉTRICA	2.380.386	2.380.134	2.379.881	2.379.630	2.379.382	2.379.108	2.378.856	2.378.604	2.378.347	2.378.077	2.377.824	2.377.572	2.377.319	2.343.348
ABSCISA	0+280.00	0+300.00	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+480.00	0+500.00	0+520.00	

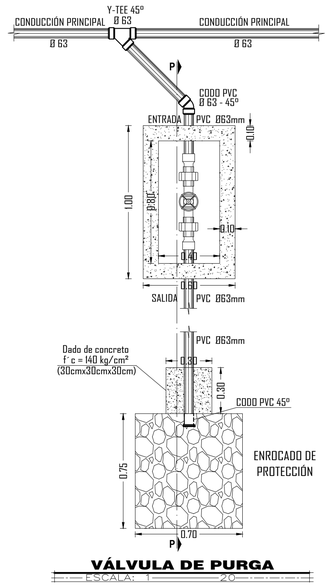
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL	Fecha: ENERO 2018
Contiene: Perfil longitudinal de la alternativa 3	Lámina: 9/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa
	Escala: Indicadas

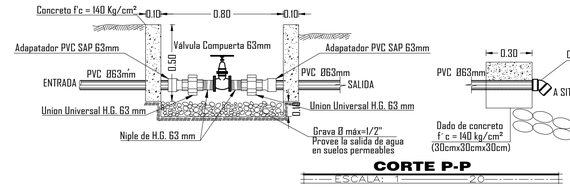


ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

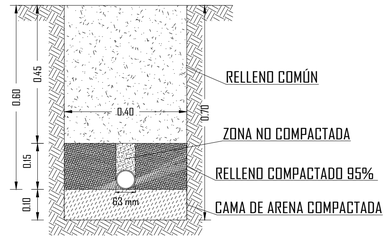
DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=662.96 m																					
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.594	0.302	0.558		0.600	0.600	1.281	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINAMICA	33.971	37.133	39.014	41.242	42.898	44.185	45.051	38.644		51.514	54.466	58.206	59.158	59.529	59.529	50.322	39.162	33.467	28.128	22.198		
COTA DE TERRENO	2,343.948	2,340.630	2,338.393	2,335.913	2,334.000	2,332.453	2,331.332	2,330.000		2,324.216	2,321.000	2,317.000	2,315.789	2,315.171	2,314.571	2,324.073	2,334.930	2,340.358	2,345.432	2,351.098		
COTA DE PROYECTO	2,343.348	2,339.930	2,337.793	2,335.313	2,333.400	2,331.853	2,330.232	2,328.865		2,323.616	2,320.400	2,316.400	2,315.189	2,314.571	2,314.100	2,323.473	2,334.330	2,339.758	2,344.832	2,350.498		
COTA PIEZOMÉTRICA	2,377.319	2,377.063	2,376.807	2,376.555	2,376.298	2,376.039	2,375.783	2,375.509		2,375.130	2,374.866	2,374.606	2,374.347	2,374.100	2,373.795	2,373.473	2,373.492	2,373.226	2,372.960	2,372.693		
ABSCISA	0+520.00	0+540.00	0+560.00	0+580.00	0+600.00	0+620.00	0+640.00	0+660.00		0+680.00	0+700.00	0+720.00	0+740.00	0+760.00	0+780.00	0+800.00	0+820.00	0+840.00	0+860.00	0+880.00		



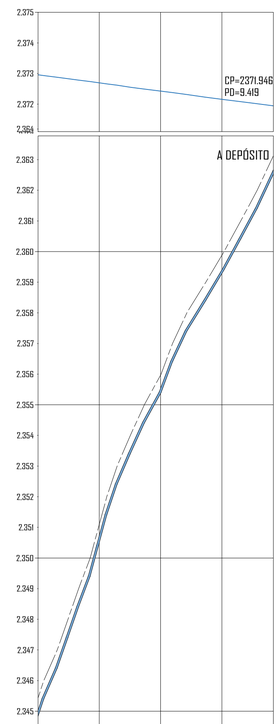
VÁLVULA DE PURGA
ESCALA: 1 — 20



CORTE P-P
ESCALA: 1 — 20

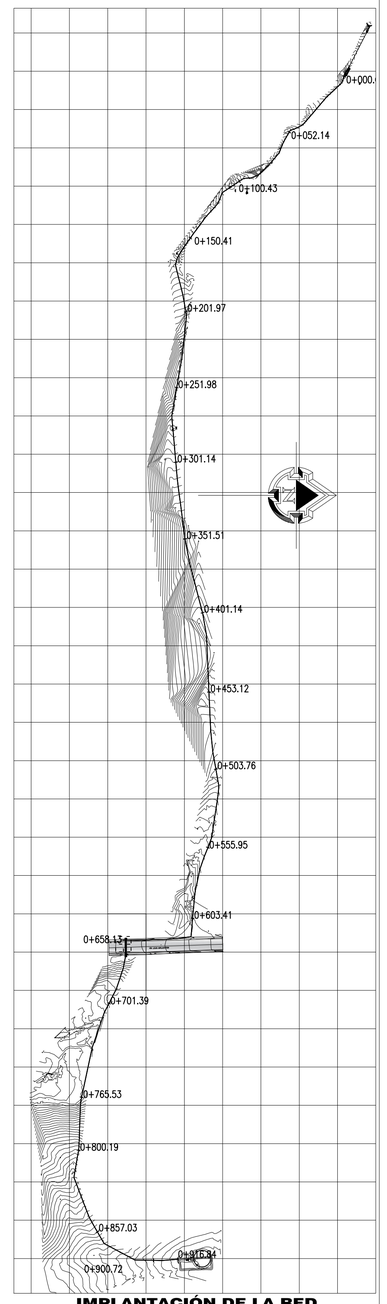


SECCIÓN TÍPICA DEL CORTE Y RELLENO DE TUBERÍAS



ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

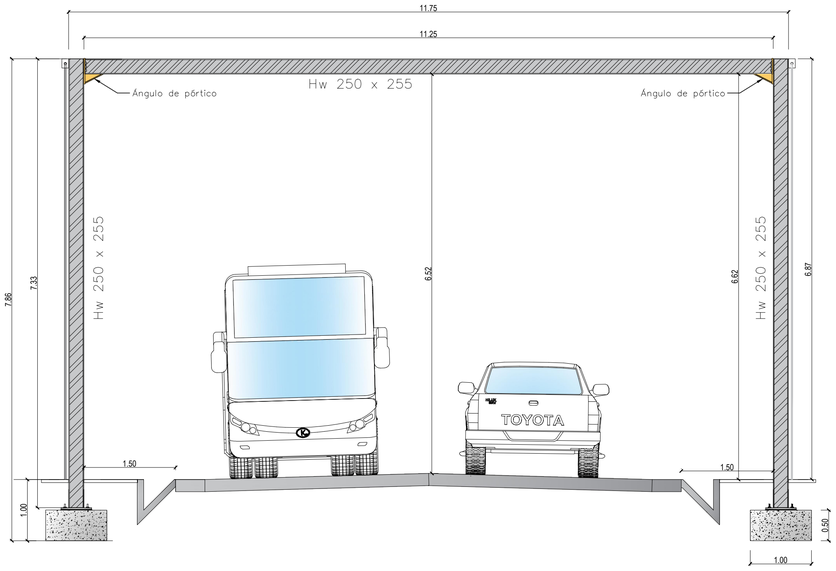
DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=662.96 m				
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	
PRESIÓN DINAMICA	22.198	17.056	12.880	9.419	
COTA DE TERRENO	2,351.098	2,355.971	2,359.880	2,363.127	
COTA DE PROYECTO	2,350.498	2,355.371	2,359.280	2,362.527	
COTA PIEZOMÉTRICA	2,372.695	2,372.427	2,372.159	2,371.946	2,362.527
ABSCISA	0+860.00	0+880.00	0+900.00	0+916.83	



IMPLANTACIÓN DE LA RED
ESCALA: S — E

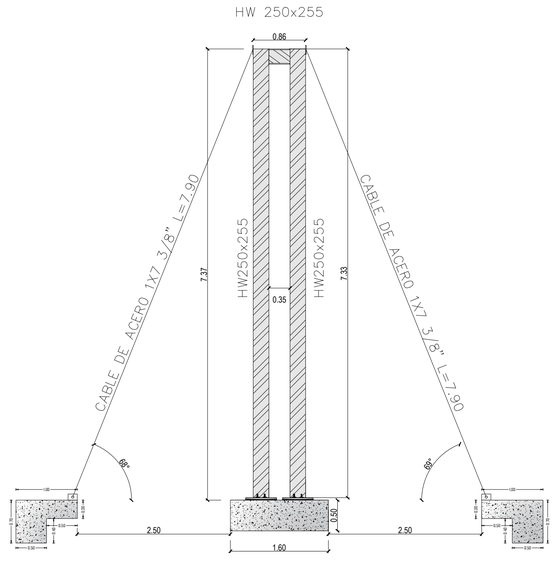
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL			Fecha: ENERO 2018
Contiene: Perfil longitudinal de la alternativa 3			Lámina: 10/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa	Escala: Indicadas	



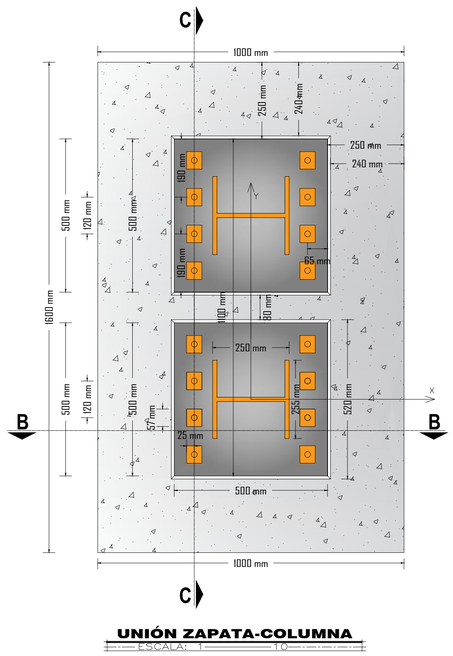
VISTA FRONTAL PUENTE CANAL

ESCALA: 1 — 50



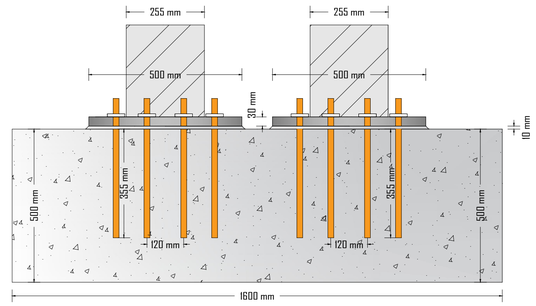
VISTA LATERAL PUENTE CANAL

ESCALA: 1 — 50



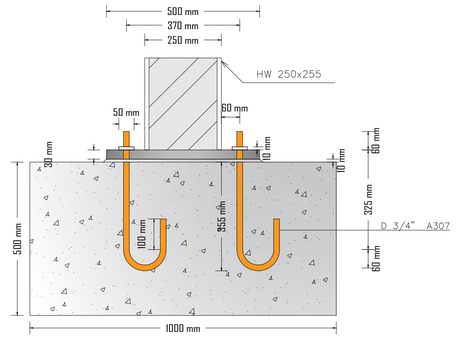
UNIÓN ZAPATA-COLUMNA

ESCALA: 1 — 10



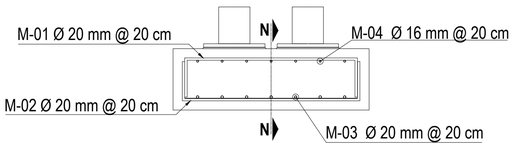
CORTE C-C

ESCALA: 10



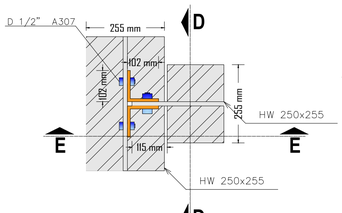
CORTE B-B

ESCALA: 10



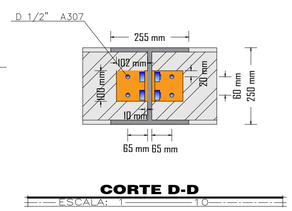
REFUERZO DE ZAPATA

ESCALA: 25



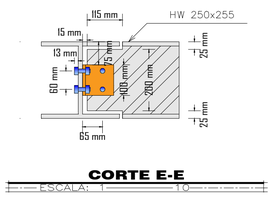
UNIÓN VIGA-VIGA

ESCALA: 1 — 10



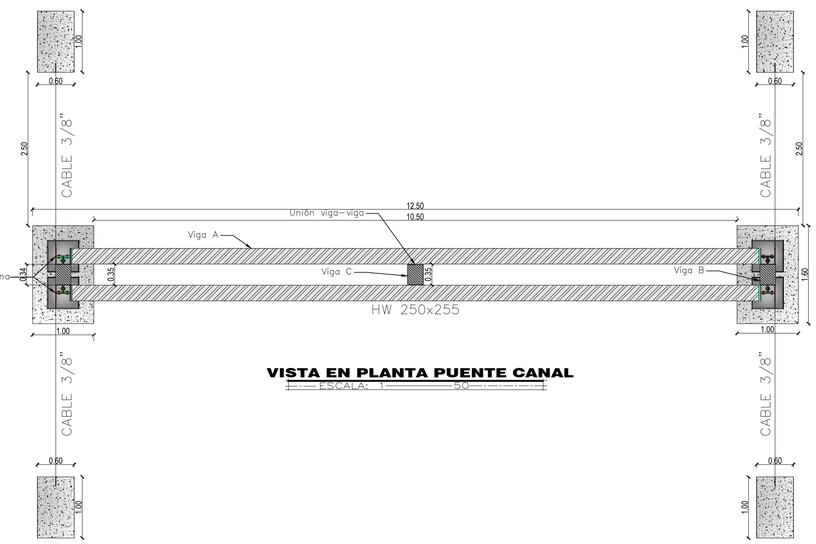
CORTE D-D

ESCALA: 1 — 10



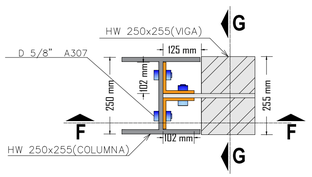
CORTE E-E

ESCALA: 1 — 10



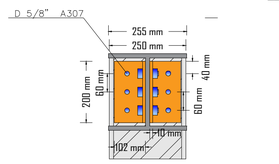
VISTA EN PLANTA PUENTE CANAL

ESCALA: 1 — 50



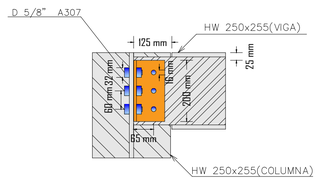
UNIÓN VIGA-COLUMNA

ESCALA: 1 — 10



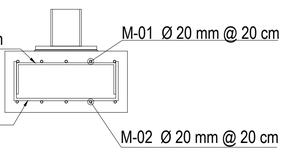
CORTE G-G

ESCALA: 1 — 10



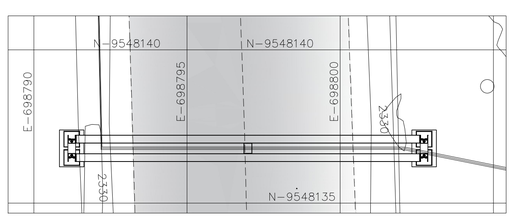
CORTE F-F

ESCALA: 1 — 10



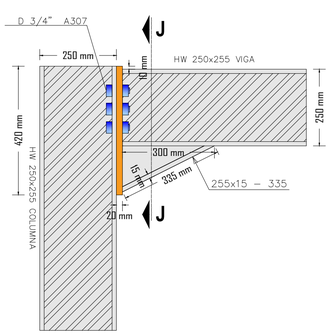
CORTE N-N

ESCALA: 25



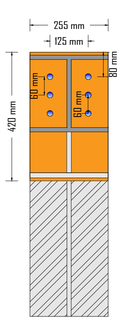
IMPLANTACIÓN DEL PUENTE CANAL

ESCALA: 1 — 100



ÁNGULO DE PÓRTICO

ESCALA: 1 — 10



CORTE J-J

ESCALA: 1 — 10

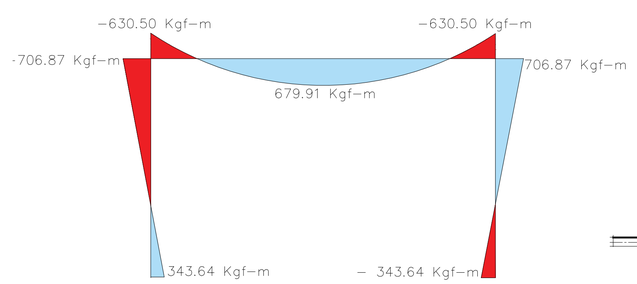
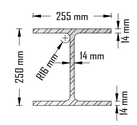


DIAGRAMA DE MOMENTOS

ESCALA: 1 — 100



PERFIL HW 250 X 255

ESCALA: 1 — 10

PLANILLA DE HIERROS PARA PUENTE CANAL

Marca	Ø (mm)	TIPO	CANT.	a	b	c	LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
M-01	20	C	10	1.45	0.30		2.05	20.50
M-02	20	C	10	1.45	0.30		2.05	20.50
M-03	20	C	14	0.85	0.30		1.45	20.30
M-04	16	C	14	0.85	0.24		1.33	18.62
							Long. Total	**79.92**

DESCRIPCIÓN	TIPO	CANT.	LONG. PARCIAL (m)	LONGITUD TOTAL (m)
Columna	HW 250 x 255	2	7.365	14.730
Viga A	HW 250 x 255	2	11.250	22.500
Viga B	HW 250 x 255	2	0.586	1.172
Viga C	HW 250 x 255	1	0.586	0.586
			Long. Total	**38.99**
			# Var. + 3%	**4**
			Peso total	**328.80**

RESUMEN DE HIERROS PUENTE CANAL

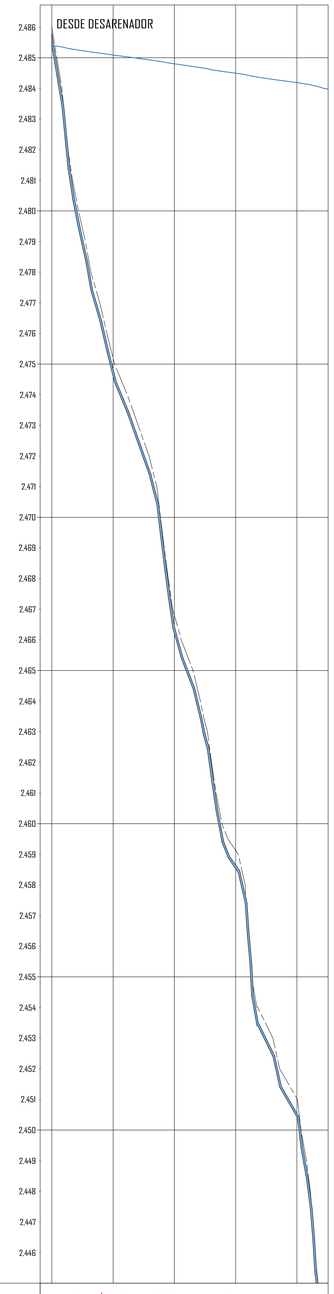
Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3 %	PESO (Kg)
16	18.62	2	37.87
20	61.30	6	177.55
		TOTAL =	**215.42**

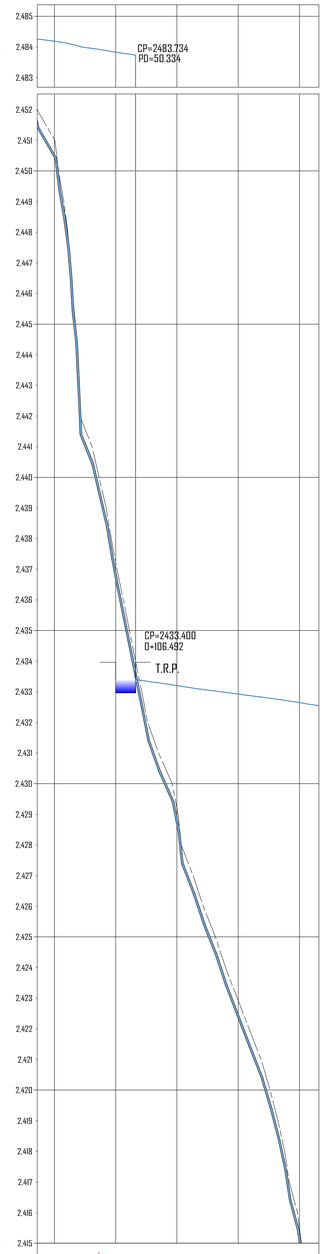
Volumen de concreto f´c 210 kg/cm² para el puente canal

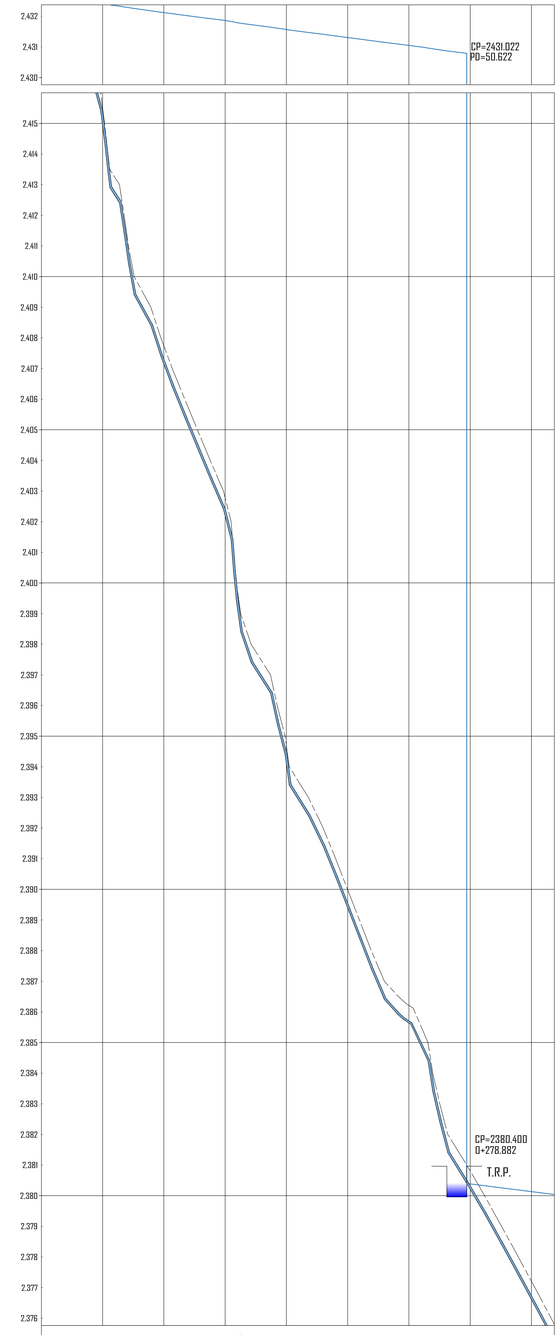
Dimensiones		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
1.600	1.000	0.500	Zapata	2	1.600
0.500		0.600	Bloques para el cable de acero	4	1.200
				Total	**2.800**

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: *Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL*	Fecha: *Octubre 2017*
Contiene: *Puente canal*	Lámina: 11/22
Revisión: *Holger Benavides Muñoz*	Profesionales en formación: *- Alexander León Rosales* *- Michelle Quezada Costa*
	Escala: *Indicadas*





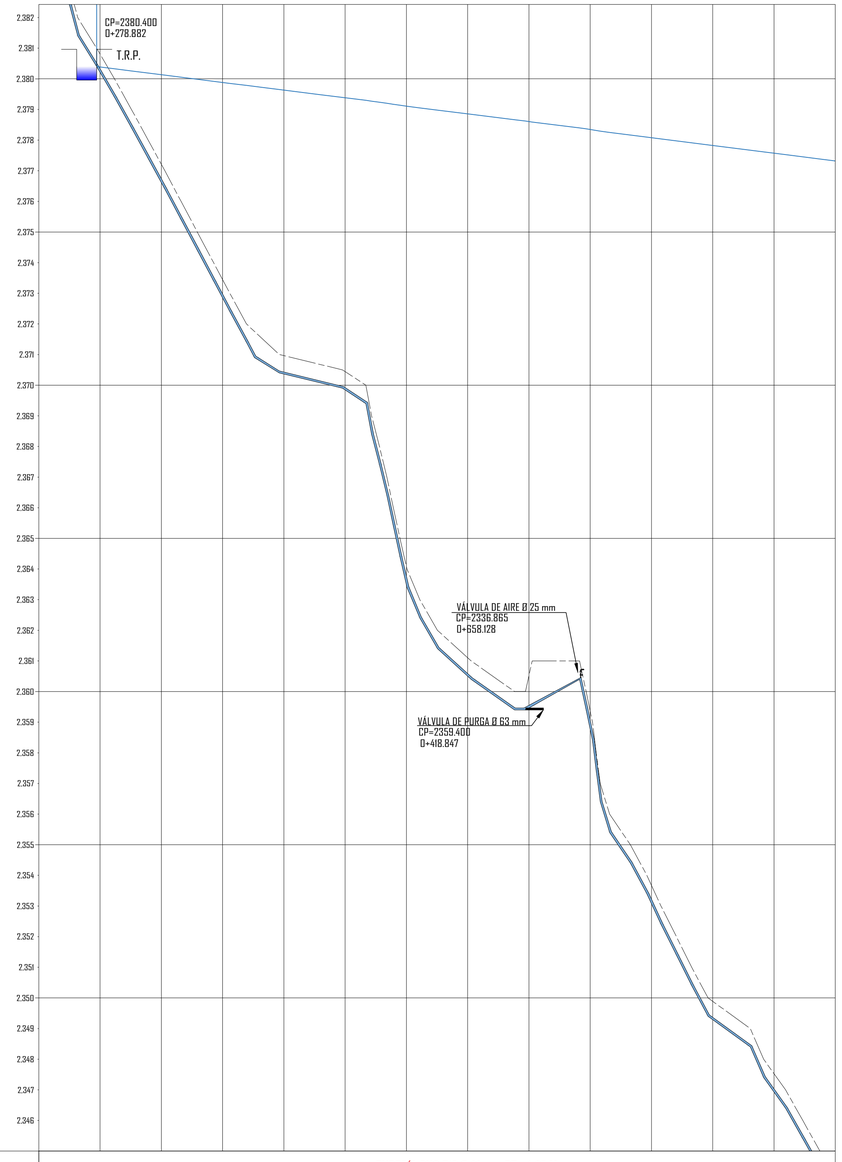


ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m					
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINÁMICA	0.000	10.495	18.598	26.096	33.765	
COTA DE TERRENO	2.486.000	2.475.194	2.466.804	2.459.000	2.451.026	
COTA DE PROYECTO	2.485.400	2.474.594	2.466.204	2.458.400	2.450.426	
COTA PIEZOMÉTRICA	2.485.400	2.485.089	2.484.802	2.484.496	2.484.191	
ABSCISA	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+080.00	

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m					
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINÁMICA	33.765	47.200	4.601	10.603	17.741	
COTA DE TERRENO	2.451.026	2.437.229	2.429.204	2.422.922	2.415.508	
COTA DE PROYECTO	2.450.426	2.436.629	2.428.604	2.422.322	2.414.908	
COTA PIEZOMÉTRICA	2.484.191	2.483.829	2.433.205	2.432.925	2.432.648	
ABSCISA	0+080.00	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+160.00	

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m							
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINÁMICA	17.741	25.219	29.913	37.717	42.153	45.763	0.178	3.524
COTA DE TERRENO	2.415.508	2.407.732	2.402.778	2.394.683	2.389.986	2.386.120	2.380.808	2.377.211
COTA DE PROYECTO	2.414.908	2.407.132	2.402.178	2.394.083	2.389.386	2.385.520	2.380.208	2.376.611
COTA PIEZOMÉTRICA	2.432.648	2.432.351	2.402.091	2.431.801	2.431.539	2.431.284	2.380.386	2.380.134
ABSCISA	0+160.00	0+180.00	0+200.00	0+220.00	0+240.00	0+260.00	0+280.00	0+300.00

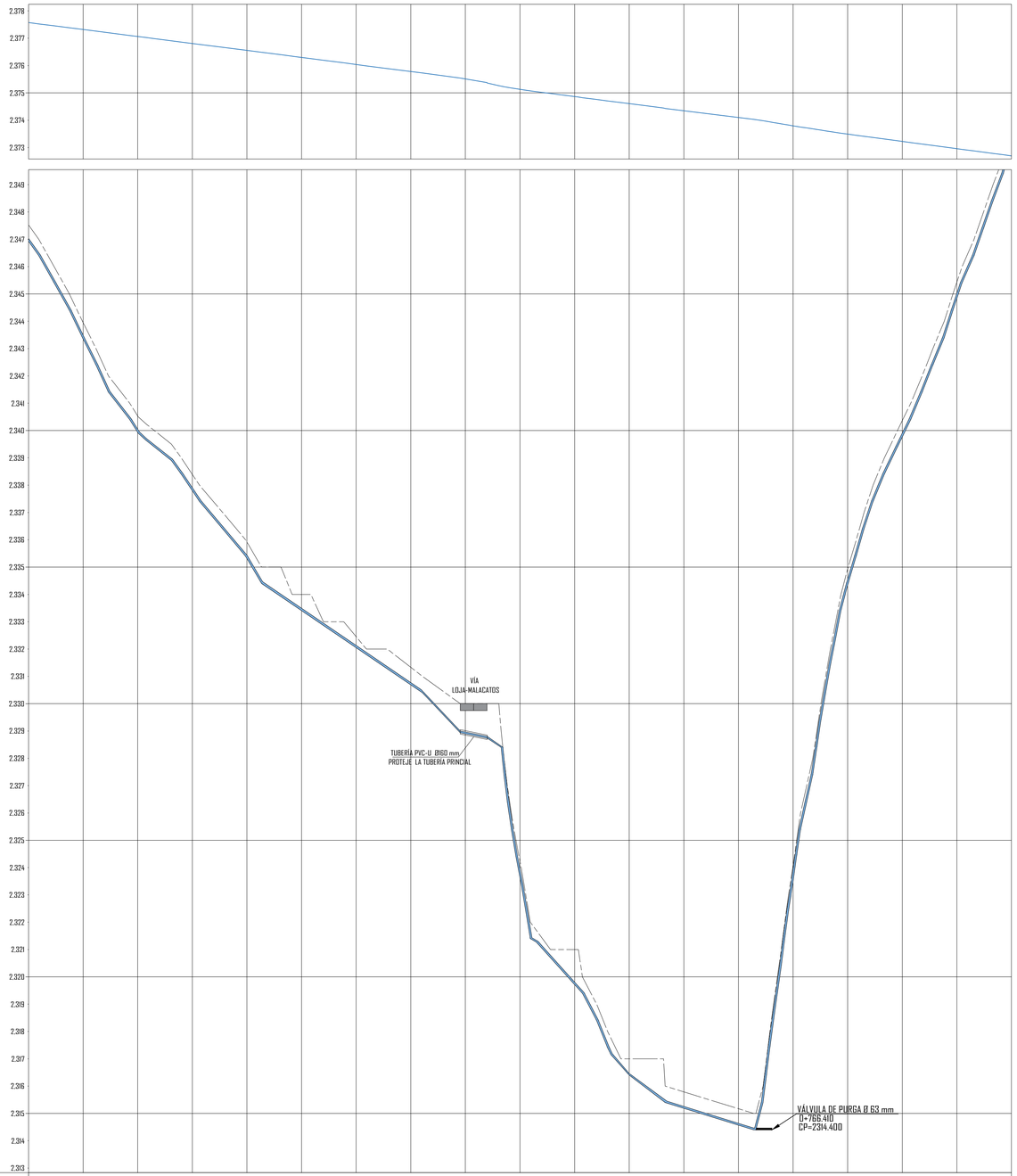


ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

DATOS DEL PROYECTO	TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m												
CORTE	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
PRESIÓN DINÁMICA	0.178	3.524	7.034	9.230	9.538	15.621	18.353	18.683	19.591	25.002	28.537	30.647	33.971
COTA DE TERRENO	2.380.808	2.377.211	2.373.447	2.371.000	2.370.444	2.364.087	2.361.103	2.360.522	2.359.356	2.353.675	2.349.887	2.347.525	2.343.948
COTA DE PROYECTO	2.380.208	2.376.611	2.372.847	2.370.400	2.369.844	2.363.487	2.360.503	2.359.922	2.358.756	2.353.075	2.349.287	2.346.925	2.343.348
COTA PIEZOMÉTRICA	2.380.386	2.380.134	2.379.881	2.379.630	2.379.382	2.379.108	2.378.856	2.378.604	2.378.347	2.378.077	2.377.824	2.377.572	2.377.319
ABSCISA	0+280.00	0+300.00	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+480.00	0+500.00	0+520.00

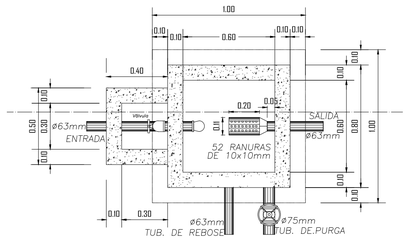
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL	Fecha: ENERO 2018
Contiene: Perfil longitudinal de la alternativa 1	Lámina: 12/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa
	Escala: Indicadas



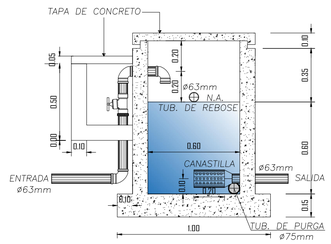
ESCALAS
H 1:1000
V 1:100

| DATOS DEL PROYECTO | TUBERÍA PVC-E/C Ø 63 mm PT= 1.25 Mpa Q=0.002 m³/s V=0.780 m/s L=968.057 m | | |



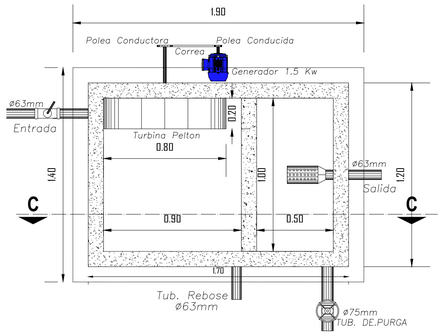
TANQUE ROMPE PRESIÓN

ESCALA: 1 ——— 20



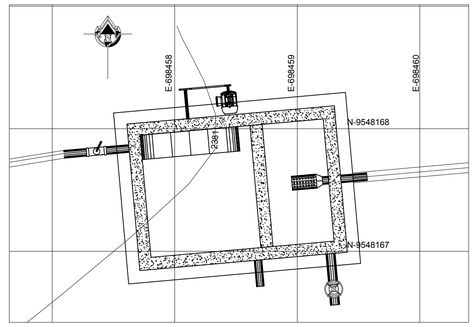
CORTE A-A

ESCALA: 1 ——— 20



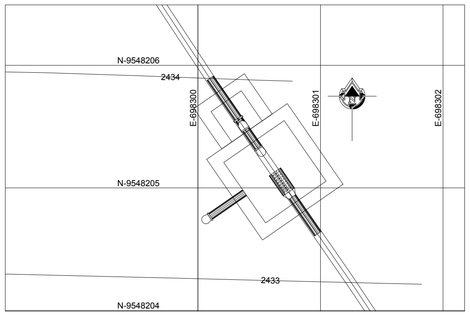
CAJA DE RECOLECCIÓN

ESCALA: 1 ——— 20



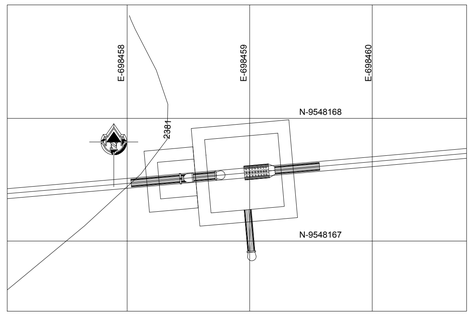
IMPLANTACIÓN DEL CÁMARA DE RECOLECCIÓN

ESCALA: 1 ——— 25



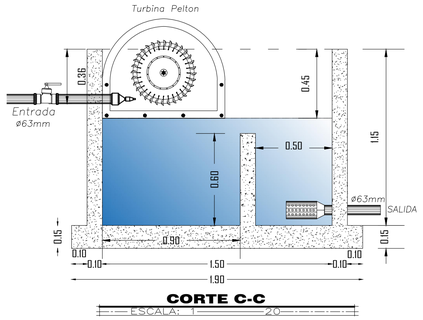
IMPLANTACIÓNDEL TRP 1

ESCALA: 1 ——— 25



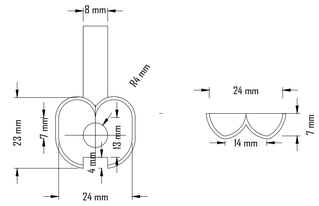
IMPLANTACIÓN DEL TRP 2

ESCALA: 1 ——— 25



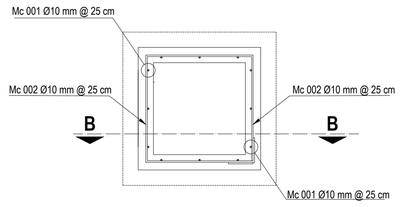
CORTE C-C

ESCALA: 1 ——— 20



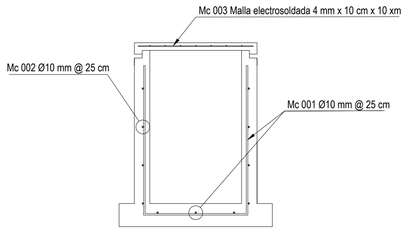
DETALLE DE CUCHARA

ESCALA: 1 ——— 1



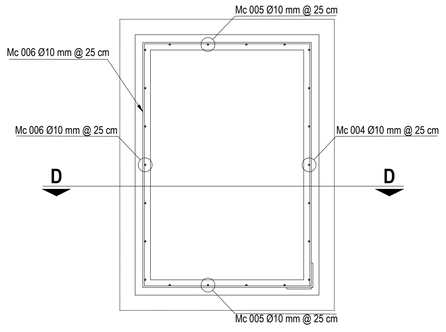
REFUERZO- ROMPE PRESIÓN

ESCALA: 1 ——— 20



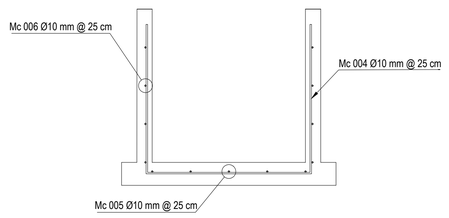
CORTE B-B

ESCALA: 1 ——— 20



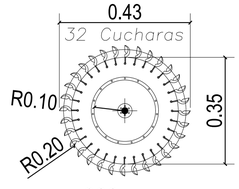
REFUERZO- CÁMARA DE RECOLECCIÓN

ESCALA: 1 ——— 20



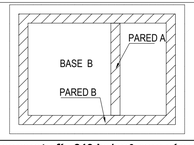
CORTE D-D

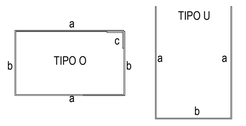
ESCALA: 1 ——— 20



DETALLE DE TURBINA

ESCALA: 1 ——— 10



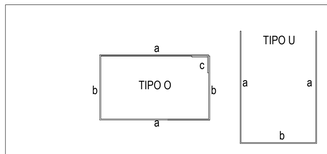


PLANILLA DE HIERROS DE LA CÁMARA DE RECOLECCIÓN

Marca	Ø (mm)	TIPO	CANT.	a	b	c	LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
Mc 004	10	U	14	0.97	1.08		3.01	42.14
Mc 005	10	U	4	0.97	1.58		3.51	14.04
Mc 006	10	O	4	1.60	1.08	0.16	5.68	22.72
							Long. Total	**78.90**

RESUMEN DE HIERROS DE CÁMARA DE RECOLECCIÓN

Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PESO (Kg)
10	78.90	7	51.83
		TOTAL =	**51.83**

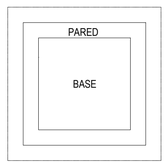


PLANILLA DE HIERROS PARA TRP

Marca	Ø (mm)	TIPO	CANT.	a	b	c	LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
Mc 001	10	U	12	0.97	0.68		2.61	31.32
Mc 002	10	O	4	0.70	0.68	0.16	3.08	12.32
Mc 003	4	Malla 10X10	Global	10.50			10.50	10.50
							Long. Total	**54.14**

RESUMEN DE HIERROS PARA TRP

Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PESO (Kg)
4	10.50	1	1.19
10	43.64	4	29.62
		TOTAL =	**30.80**



Volumen de concreto f´c 210 kg/cm² para el TRP

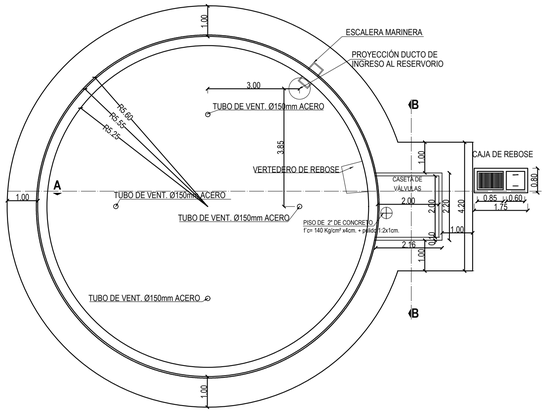
Dimensiones		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
1.000	1.000	0.150	PARED	1	0.150
Área		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
0.280		1.000	BASE	1	0.280
0.640		0.050	TAPA	1	0.032
				Total	**0.462**

Volumen de concreto f´c 210 kg/cm² para cámara de recolección

Dimensiones		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
1.900	1.400	0.150	BASE B	2	0.798
Área		h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
0.100		0.600	PARED A	1	0.060
0.540		1.000	PARED B	1	0.540
				Total	**1.398**

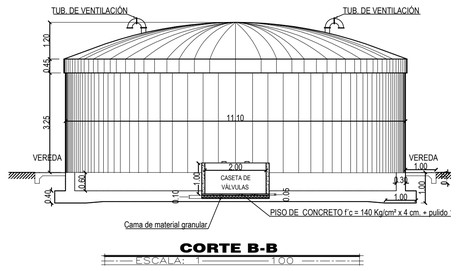
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: *Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL*	Fecha: *MARZO 2018*
Contiene: *Tanque rompe presión y Turbina pelton*	Lámina: 14/22
Revisión: *Holger Benavides Muñoz*	Profesionales en formación: *- Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa*
	Escala: *Indicadas*



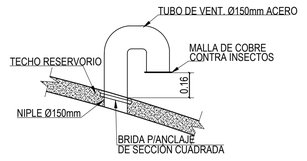
PLANTA DE RESERVORIO PROYECTADO

ESCALA: 1 — 100



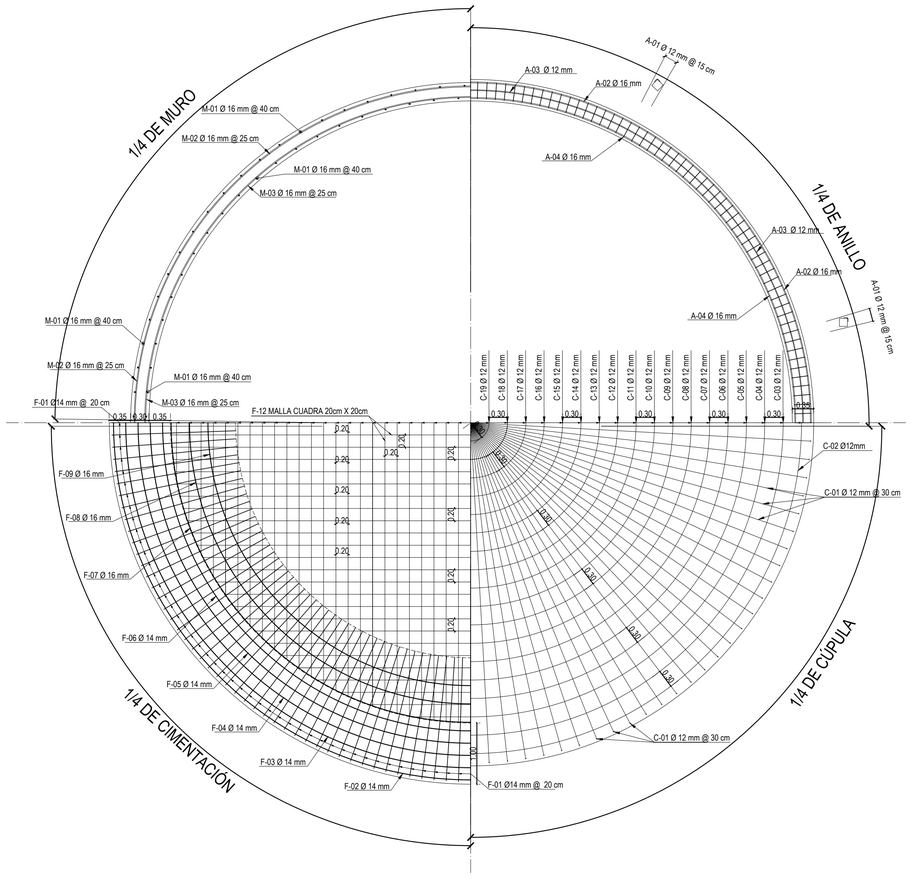
CORTE B-B

ESCALA: 1 — 100



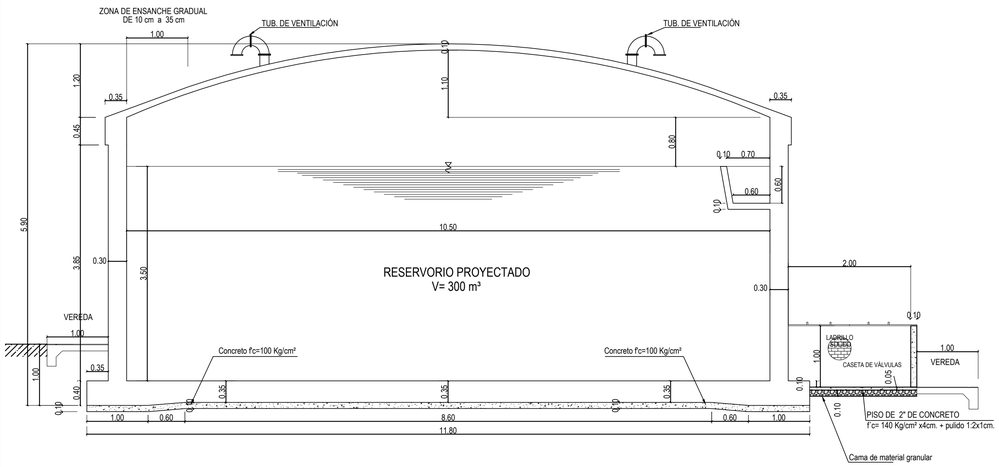
DETALLE DE TUBO DE VENTILACIÓN

ESCALA: 1 — 25



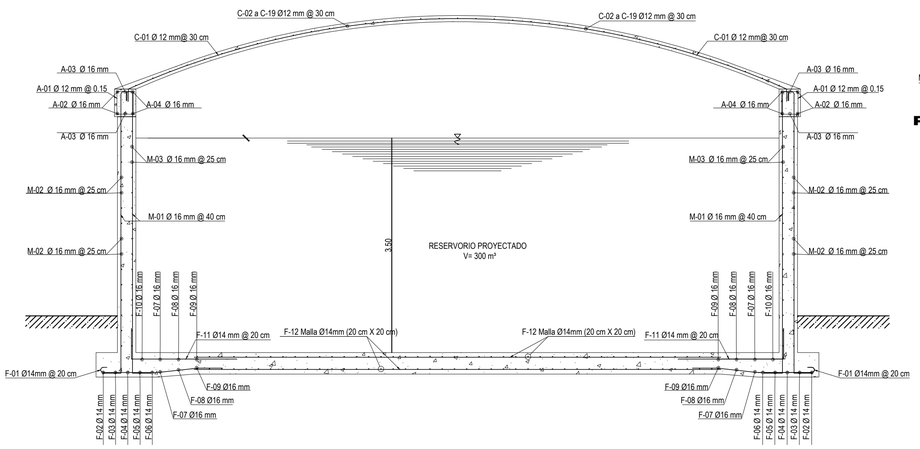
PLANTA- REFUERZO EN CIMENTACIÓN, LOSA DE FONDO, MURO, ANILLO Y CÚPULA

ESCALA: 1 — 50



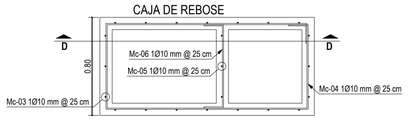
CORTE A-A

ESCALA: 1 — 50



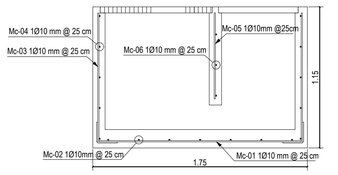
REFUERZO EN CIMENTACIÓN, LOSA DE FONDO, MURO CIRCULAR Y CÚPULA

ESCALA: 1 — 50



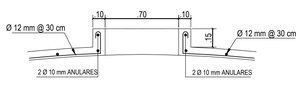
PLANTA ESTRUCTURA DE LA CAJA DE REBOSE

ESCALA: 1 — 25



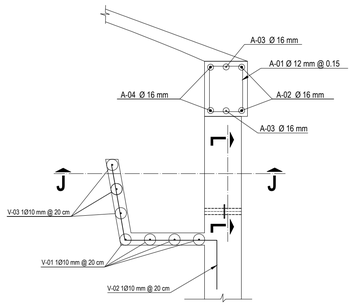
CORTE D-D

ESCALA: 1 — 25



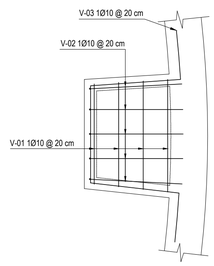
DETALLE DE REFUERZO. ACCESO AL RESERVORIO

ESCALA: 1 — 25



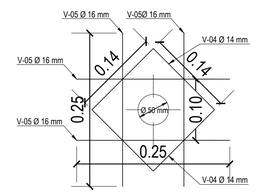
DETALLE DE REFUERZO. VERTEDERO DE REBOSE

ESCALA: 1 — 25



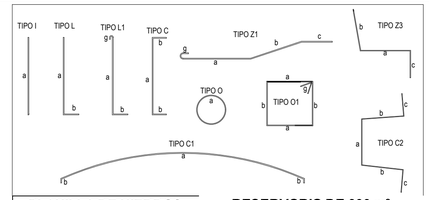
CORTE J-J

ESCALA: 1 — 25



CORTE L-L

ESCALA: 1 — 5



PLANILLA DE HIERROS — RESERVORIO DE 300 m³

Marca	Ø (mm)	TIPO	CANT.	DIMENSIONES (m) a	b	c	g	LONG. PARCIAL	LONG. TOTAL
CIMENTACIÓN									
F-01	14	Z1	180	0.88	0.67	0.40	0.19	2.14	385.54
F-02	14	O	1	36.63				36.63	36.63
F-03	14	O	1	35.37				35.37	35.37
F-04	14	O	1	34.12				34.12	34.12
F-05	14	O	1	32.86				32.86	32.86
F-06	14	O	1	31.60				31.60	31.60
F-07	16	O	2	30.72				30.72	61.45
F-08	16	O	2	28.84				28.84	57.68
F-09	16	O	2	27.15				27.15	54.30
F-10	16	O	1	32.36				32.36	32.36
F-11	14	L	180	0.50	1.73			2.23	401.40
F-12	14	malla	global	735.38				735.38	1470.76
MURO									
M-01	16	L1	171	4.55	0.30		0.21	5.06	866.08
M-02	16	O	15	34.47				34.47	517.04
M-03	16	O	15	33.39				33.39	500.83
ANILLO									
A-01	12	O1	227	0.27	0.37		0.10	1.49	338.05
A-02	16	O	2	34.87				34.87	69.74
A-03	12	O	2	34.09				34.09	68.17
A-04	16	O	2	33.28				33.28	66.55
CÚPULA									
C-01	12	C1	58	11.07	0.20			11.47	665.37
C-02	12	O	1	33.93				33.93	33.93
C-03	12	O	1	32.04				32.04	32.04
C-04	12	O	1	30.16				30.16	30.16
C-05	12	O	1	28.27				28.27	28.27
C-06	12	O	1	26.39				26.39	26.39
C-07	12	O	1	24.50				24.50	24.50
C-08	12	O	1	22.62				22.62	22.62
C-09	12	O	1	20.73				20.73	20.73
C-10	12	O	1	18.85				18.85	18.85
C-11	12	O	1	16.96				16.96	16.96
C-12	12	O	1	15.08				15.08	15.08
C-13	12	O	1	13.19				13.19	13.19
C-14	12	O	1	11.31				11.31	11.31
C-15	12	O	1	9.42				9.42	9.42
C-16	12	O	1	7.54				7.54	7.54
C-17	12	O	1	5.65				5.65	5.65
C-18	12	O	1	3.77				3.77	3.77
C-19	12	O	1	1.88				1.88	1.88
CAJA DE REBOSE									
Mc-01	10	C	3	1.67	0.16			1.99	5.97
Mc-02	10	C	7	0.72	0.16			1.04	7.28
Mc-03	10	L	20	1.07	0.16			1.23	24.60
Mc-04	10	O1	5	1.67	0.72		0.09	4.96	24.80
Mc-05	10	I	3	0.72				0.72	2.16
Mc-06	10	C	3	0.72	0.16			1.04	3.12
VERTEDERO DE REBOSE									
V-01	10	I	4	0.87				0.87	3.47
V-02	10	Z3	5	0.75	0.62	0.40		1.77	8.85
V-03	10	C2	3	0.80	0.73	0.40		3.06	9.18
V-04	14	I	4	0.14				0.14	0.57
V-05	16	I	4	0.25				0.25	1.00
								Long. Total	**6139.19**

RESUMEN DE HIERROS PARA RESERVORIO DE 300 m³

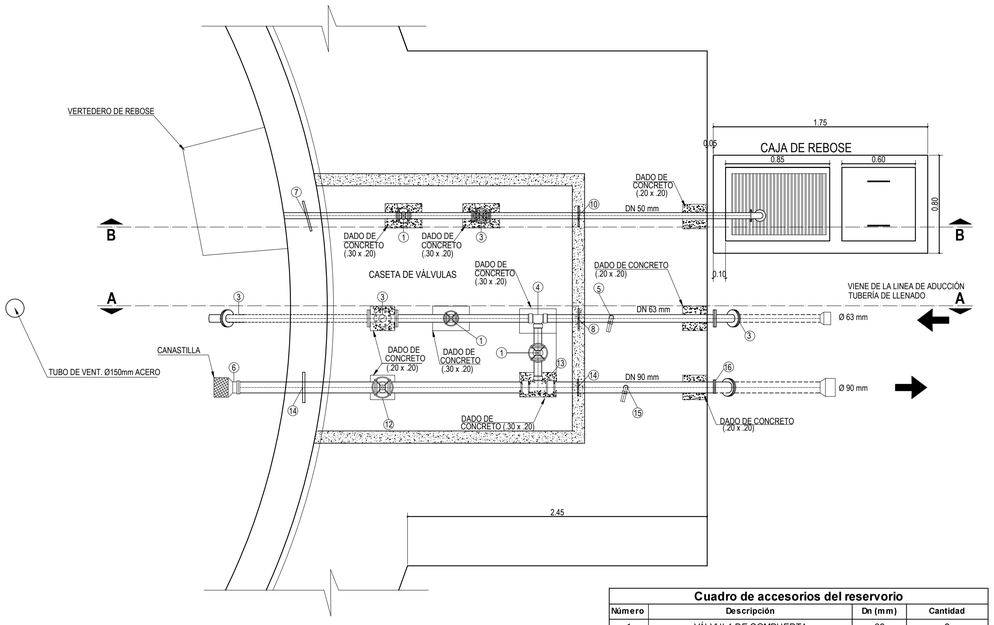
Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PESO (Kg)
10	89.43	8	59.23
12	1393.88	120	1278.72
14	2428.85	209	3029.66
16	2227.03	192	3635.71
		TOTAL =	**8003.33**

Volumen de concreto f´c 210 kg/cm² para el reservorio

Área	h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
90.333	0.100	Cúpula	1	9.033
86.590	0.350	Losa de fondo	1	30.307
10.179	3.850	Muro	1	39.188
11.930	0.450	Anillo	1	5.369
0.845	1.000	Caja de rebose/desagüe	2	1.690
0.118	1.000	Vertedero de rebose	1	0.118
Dimensiones	**L (m)**	**Descripción**	**Cantidad**	**Cantidad m³**
1.000	0.400	33.930	Zapata	1	13.572
0.300	0.200	0.100	Dado de concreto	2	0.012
0.300	0.200	0.290	Dado de concreto	3	0.052
0.200	0.200	0.100	Dado de concreto	1	0.004
0.200	0.200	0.290	Dado de concreto	4	0.046
				Total	**99.391**

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

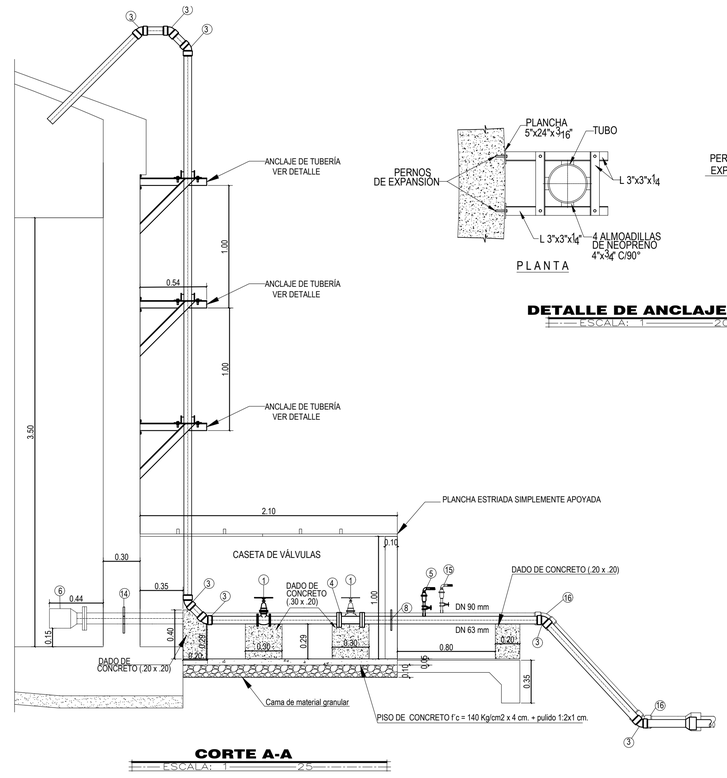
Proyecto: *Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL*	**Fecha:** *Octubre 2017*
Contiene: *Reservorio apoyado de 300 m³*	**Lámina:** **15/22**
Revisión: *Holger Benavides Muñoz*	**Profesionales en formación:** *- Alexander León Rosales* *- Michelle Quezada Costa*
	Escala: *Indicadas*



PLANTA DE RESERVORIO PROYECTADO

ESCALA: 1 — 25

Cuadro de accesorios del reservorio			
Número	Descripción	Dn (mm)	Cantidad
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	63	2
2	VÁLVULA DE COMPUERTA	50	1
3	CODO 45° H.G.	63	7
4	TEE	63	1
5	VÁLVULA DE AIRE 1/2"	63	1
6	CANASTILLA DE BRONCE	90	1
7	BRIDA ROMPE AGUA	50	1
8	BRIDA P/ ANCLAJE DE SECCIÓN CUADRADA	63	1
9	CODO 45° H.G.	50	7
10	BRIDA P/ ANCLAJE DE SECCIÓN CUADRADA	50	1
11	TEE	50	1
12	VÁLVULA DE COMPUERTA	90	1
13	TEE REDUCTORA	90x50	1
14	BRIDA P/ ANCLAJE DE SECCIÓN CUADRADA	90	2
15	VÁLVULA DE AIRE 1/2"	90	1
16	CODO 45° H.G.	90	2

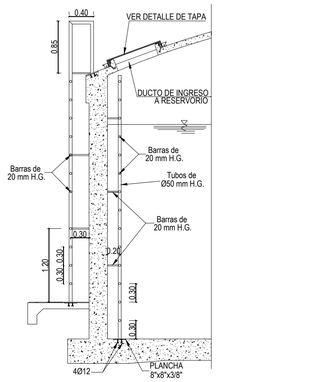


CORTE A-A

ESCALA: 1 — 25

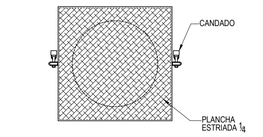
DETALLE DE ANCLAJE DE TUBERÍA

ESCALA: 1 — 20



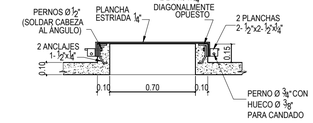
DETALLE DE ESCALERA TIPO MARINERO

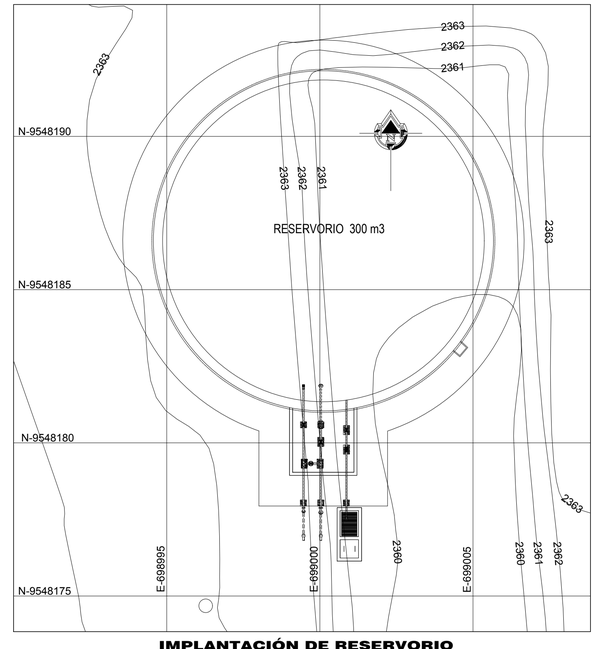
ESCALA: 1 — 50



DETALLE DE TAPA

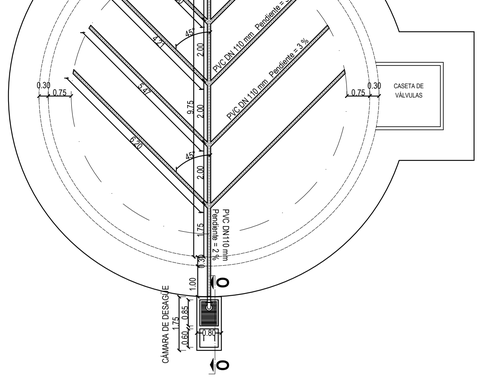
ESCALA: 1 — 25





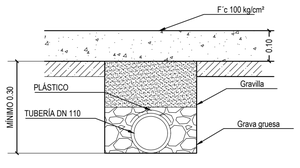
IMPLANTACIÓN DE RESERVORIO

ESCALA: 1 — 100



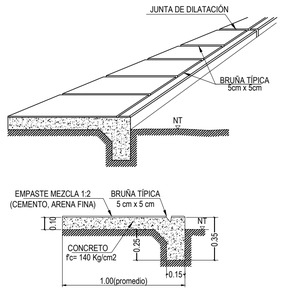
DRENAJE SUBTERRÁNEO

ESCALA: 1 — 100



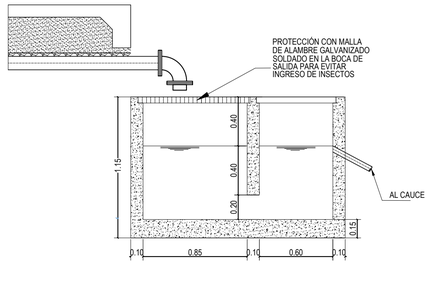
DETALLE DEL DREN

ESCALA: 1 — 10



DETALLE DE VEREDA

ESCALA: 1 — 25



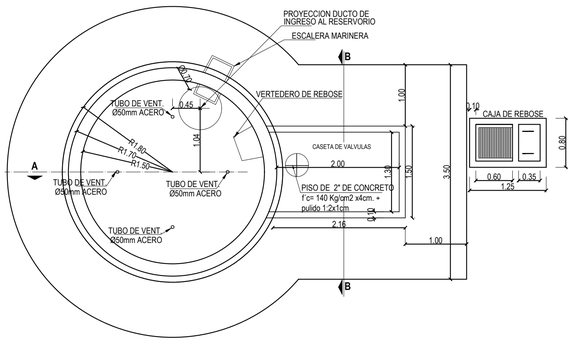
CORTE O-O

ESCALA: 1 — 25

CORTE B-B

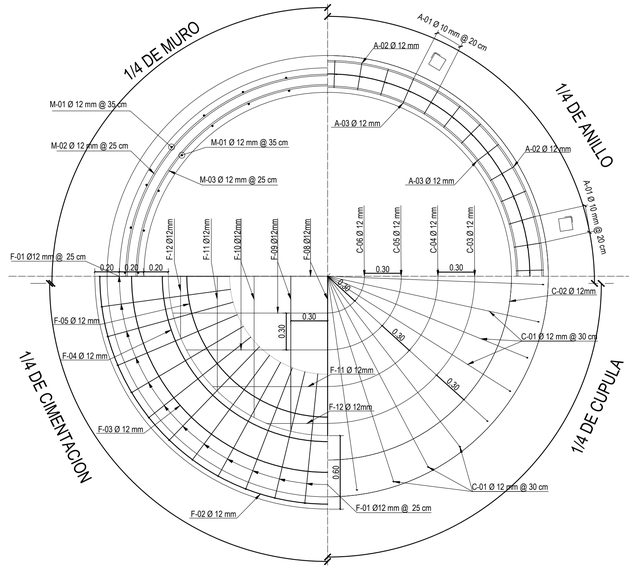
ESCALA: 1 — 25

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA			
Proyecto: *Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL*			**Fecha:** *Octubre 2017*
Contiene: *Reservorio apoyado de 300 m³*			**Lámina:** **16/22**
Revisión: *Holger Benavides Muñoz*	**Profesionales en formación:** *- Alexander León Rosales* *- Michelle Quezada Costa*	**Escala:** *Indicadas*	



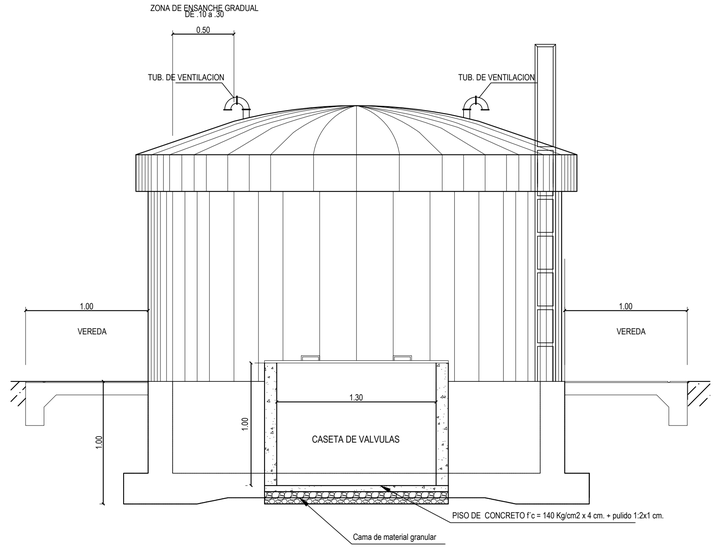
PLANTA DE RESERVORIO PROYECTADO

ESCALA: 1 — 50



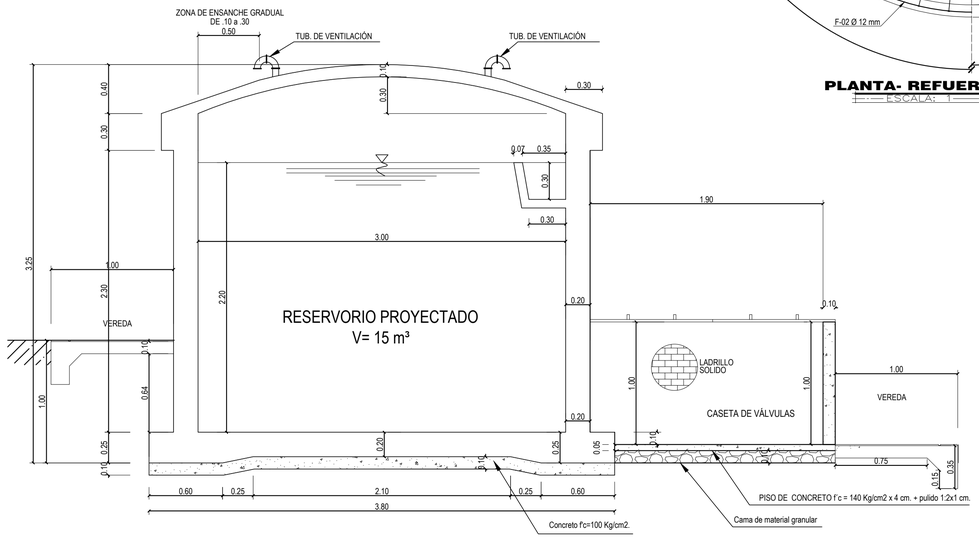
PLANTA- REFUERZO EN DEPÓSITO

ESCALA: 1 — 25



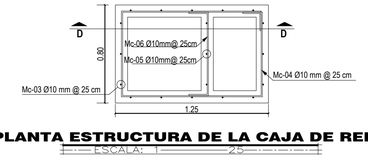
CORTE B-B

ESCALA: 1 — 25



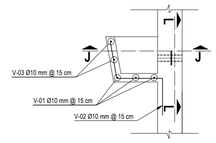
CORTE A-A

ESCALA: 1 — 25



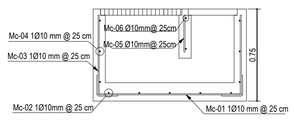
PLANTA ESTRUCTURA DE LA CAJA DE REBOSE

ESCALA: 1 — 25



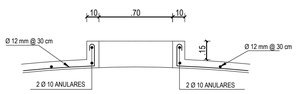
REFUERZO. VERTEDERO DE REBOSE

ESCALA: 1 — 25



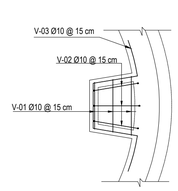
CORTE D-D

ESCALA: 1 — 25



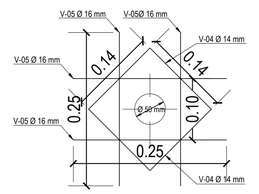
REFUERZO- ACCESO AL RESERVORIO

ESCALA: 1 — 25



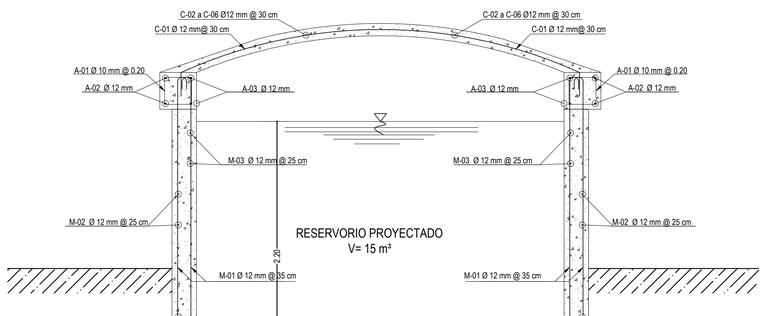
CORTE J-J

ESCALA: 1 — 25



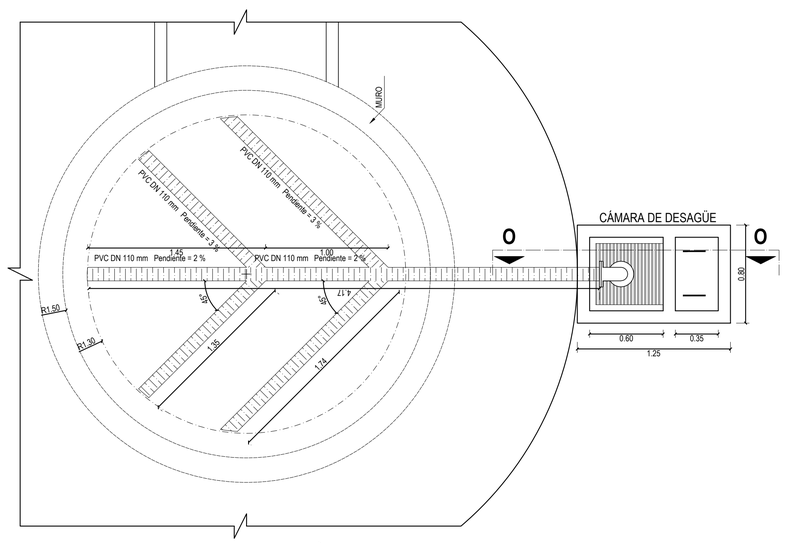
CORTE L-L

ESCALA: 1 — 5



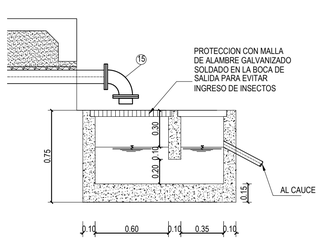
REFUERZO EN CIMENTACIÓN, LOSA DE FONDO, MURO CIRCULAR Y CÚPULA

ESCALA: 1 — 25



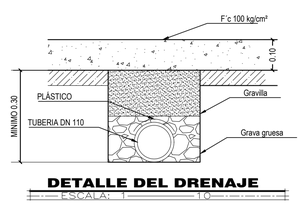
DRENAJE SUBTERRÁNEO

ESCALA: 1 — 25



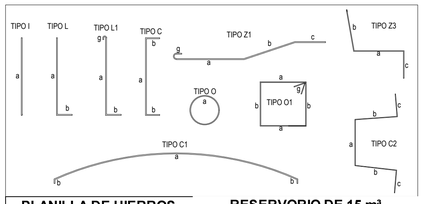
CORTE O-O

ESCALA: 1 — 25



DETALLE DEL DRENAJE

ESCALA: 1 — 10



PLANILLA DE HIERROS — RESERVORIO DE 15 m³

Marca	Ø (mm)	TIPO	CANT.	DIMENSIONES (m) a	b	c	g	LONG. PARCIAL	LONG. TOTAL
CIMENTACIÓN									
F-01	12	Z1	48	0.52	0.30	0.20	0.17	1.19	57.12
F-02	12	O	1	11.69				11.69	11.69
F-03	12	O	1	10.05				10.05	10.05
F-04	12	O	1	8.48				8.48	8.48
F-05	12	O	2	7.24				7.24	14.49
F-06	12	O	1	9.13				9.13	9.13
F-07	12	L	48	0.50	1.12			1.62	77.76
F-08	12	I	4	2.60				2.60	10.40
F-09	12	I	8	2.53				2.53	20.24
F-10	12	I	8	2.31				2.31	18.45
F-11	12	I	8	1.88				1.88	15.01
F-12	12	I	8	1.00				1.00	8.00
MURO									
M-01	12	L1	56	2.71	0.20		0.17	3.08	172.48
M-02	12	O	9	10.31				10.31	92.79
M-03	12	O	9	9.78				9.78	88.06
ANILLO									
A-01	10	O1	50	0.22	0.22		0.10	1.08	54.00
A-02	12	O	2	11.01				11.01	22.03
A-03	12	O	2	10.31				10.31	20.62
CÚPULA									
C-01	12	C1	18	3.35	0.20			3.75	67.51
C-02	12	O	1	9.42				9.42	9.42
C-03	12	O	1	7.54				7.54	7.54
C-04	12	O	1	5.65				5.65	5.65
C-05	12	O	1	3.77				3.77	3.77
C-06	12	O	1	1.88				1.88	1.88
CAJA DE REBOSE									
Mc-01	10	C	3	1.17	0.16			1.49	4.47
Mc-02	10	C	5	0.72	0.16			1.04	5.20
Mc-03	10	L	16	0.67	0.16			0.83	13.28
Mc-04	10	O1	3	1.17	0.72		0.09	3.96	11.88
Mc-05	10	I	3	0.32				0.32	0.96
Mc-06	10	C	2	0.72	0.16			1.04	2.08
VERTEDERO DE REBOSE									
V-01	10	I	3	0.43				0.43	1.29
V-02	10	Z3	3	0.37	0.30	0.30		0.98	2.93
V-03	10	C2	2	0.37	0.37	0.30		1.70	3.40
V-04	14	I	4	0.14				0.14	0.57
V-05	16	I	4	0.25				0.25	1.00
								Long. Total	**853.63**

RESUMEN DE HIERROS PARA RESERVORIO DE 15 m³

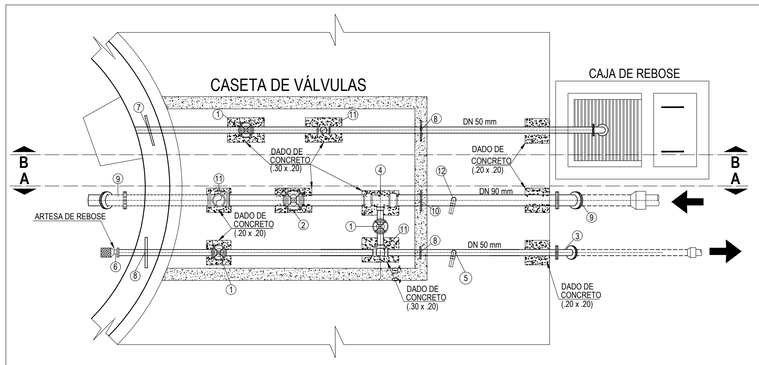
Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PESO (Kg)
10	99.49	9	66.64
12	752.57	65	692.64
14	0.57	1	14.50
16	1.00	1	18.94
		TOTAL =	**792.71**

Volumen de concreto f´c 210 kg/cm² para el reservorio

Área	h(m)	Descripción	Cantidad	Cantidad m³
8.577	0.100	Cúpula	1	0.858
7.069	0.200	Losa de fondo	1	1.414
2.011	3.850	Muro	1	7.741
3.110	0.300	Anillo	1	0.933
0.332	1.000	Caja de rebose/desagüe	2	0.664
0.020	1.000	Vertedero de rebose	1	0.020
Dimensiones	**h (m)**	**Descripción**	**Cantidad**	**Cantidad m³**
0.600	10.053	0.250	Zapata	1	1.508
0.300	0.200	0.100	Dado de concreto	2	0.012
0.200	0.200	0.100	Dado de concreto	1	0.004
0.300	0.200	0.290	Dado de concreto	3	0.052
0.200	0.200	0.290	Dado de concreto	4	0.046
				Total	**13.252**

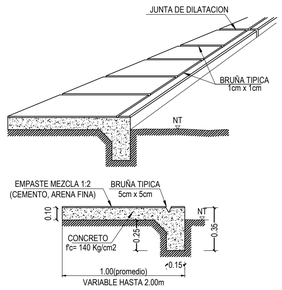
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: *Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL*	**Fecha:** *ENERO 2018*
Contiene: *Reservorio apoyado de 15 m³*	**Lámina:** **17/22**
Revisión: *Holger Benavides Muñoz*	**Profesionales en formación:** *- Alexander León Rosales* *- Michelle Quezada Costa*
	Escala: *Indicadas*



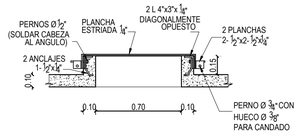
PLANTA DE RESERVORIO PROYECTADO

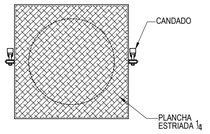
ESCALA: 1 — 25



DETALLE DE VEREDA

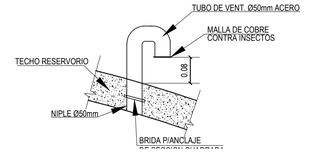
ESCALA: 1 — 25





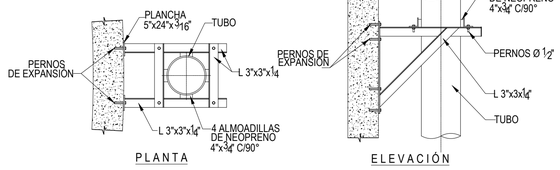
DETALLE DE TAPA

ESCALA: 1 — 25



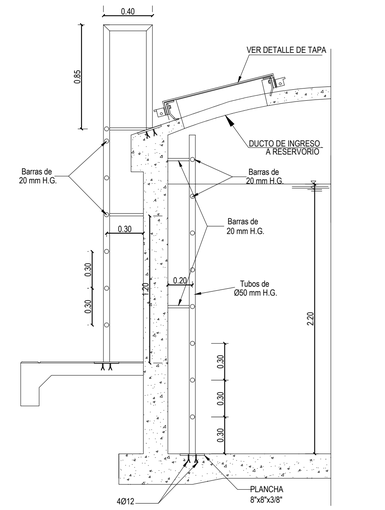
DETALLE DE TUBO DE VENTILACIÓN

ESCALA: 1 — 25



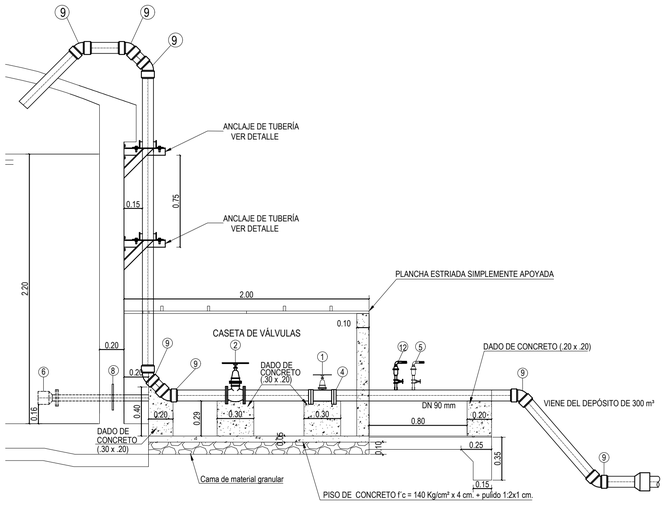
DETALLE DE ANCLAJE DE TUBERIA

ESCALA: 1 — 20



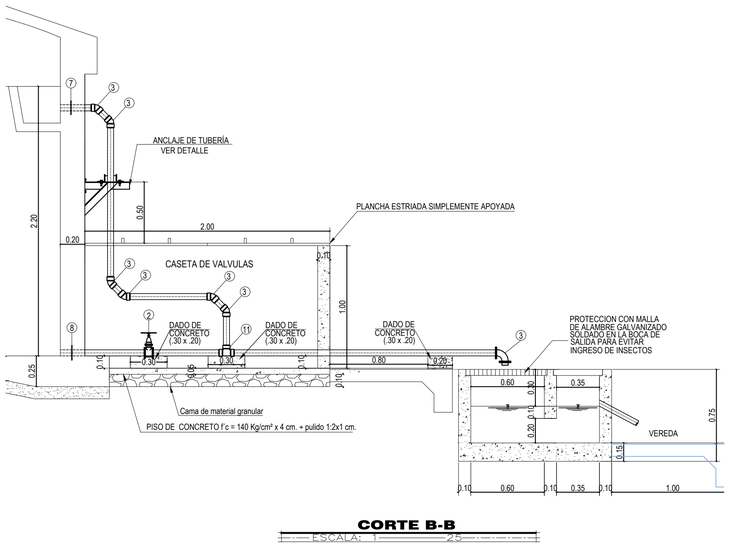
DETALLE DE ESCALERA TIPO MARINERO

ESCALA: 1 — 25



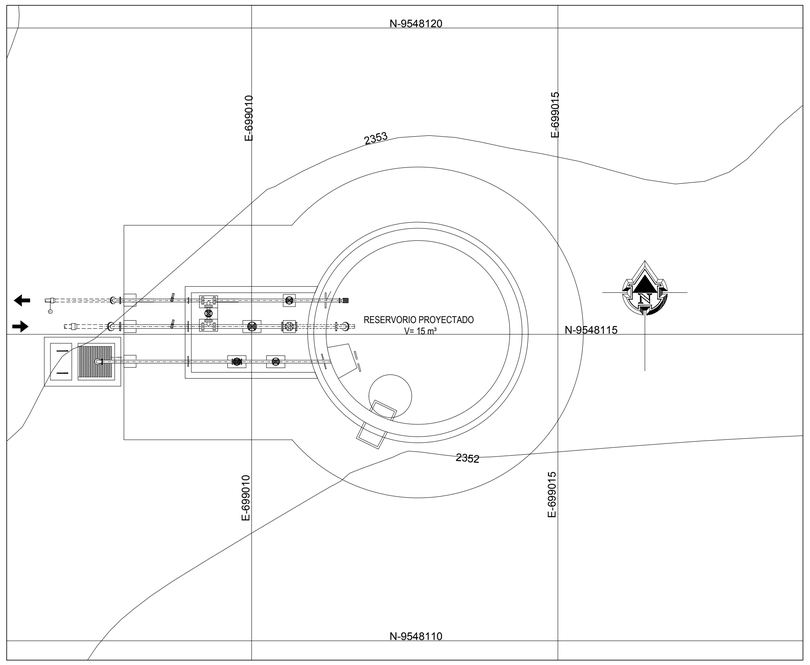
CORTE A-A

ESCALA: 1 — 25



CORTE B-B

ESCALA: 1 — 25



IMPLANTACIÓN

ESCALA: 1 — 100

Cuadro de accesorios del reservorio

Número	Descripción	Dn (mm)	Cantidad
1	VÁLVULA DE COMPUERTA	50	3
2	VÁLVULA DE COMPUERTA	90	3
3	CODO 45° H.G.	50	8
4	TEE REDUCTORA	90 X 50	1
5	VÁLVULA DE AIRE 1/2"	50	1
6	CANASTILLA DE BRONCE	50	1
7	BRIDA ROMPE AGUA	50	1
8	BRIDA P/ ANCLAJE DE SECCIÓN CUADRADA	50	3
9	CODO 45° H.G.	90	7
10	BRIDA P/ ANCLAJE DE SECCIÓN CUADRADA	90	1
11	TEE	50	2
12	VÁLVULA DE AIRE 1/2"	90	1

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: *Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL*

Fecha: *ENERO 2018*

Contiene: *Reservorio apoyado de 15 m³*

Lámina: 18/22

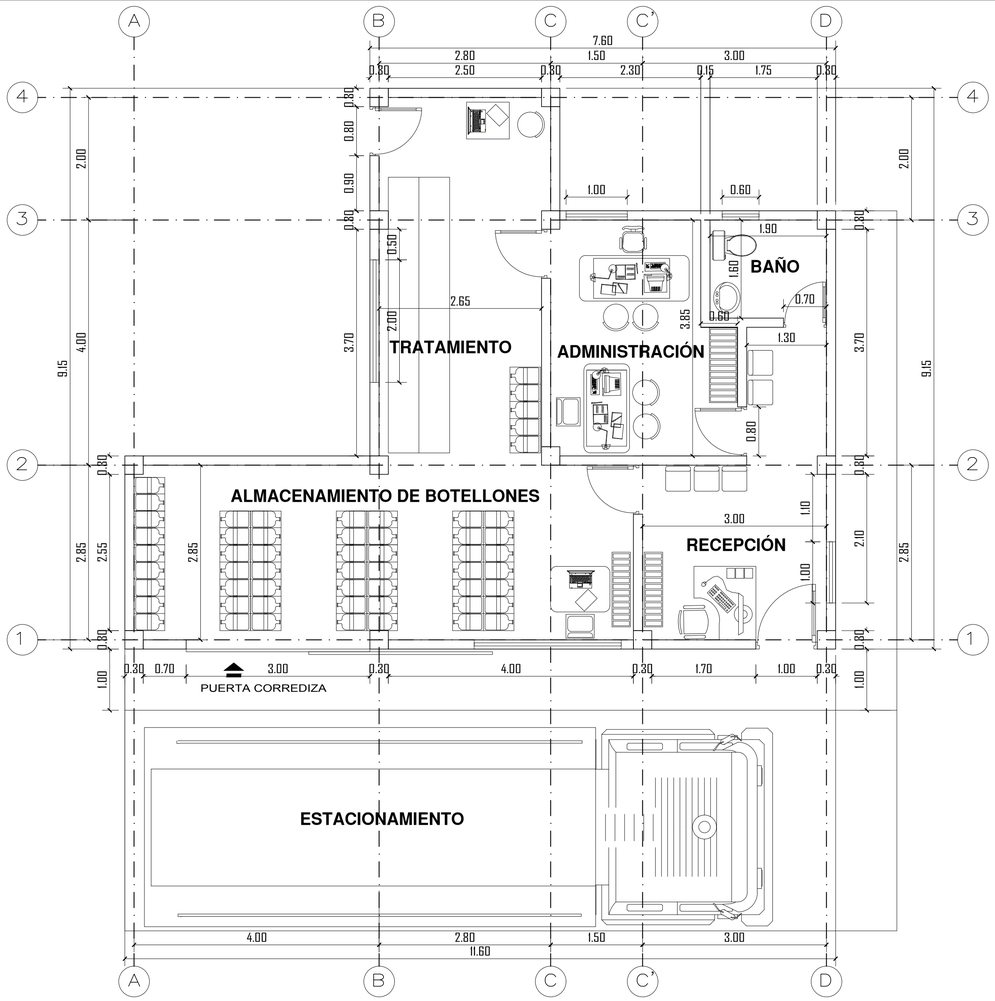
Revisión:

Holger Benavides Muñoz

Profesionales en formación:

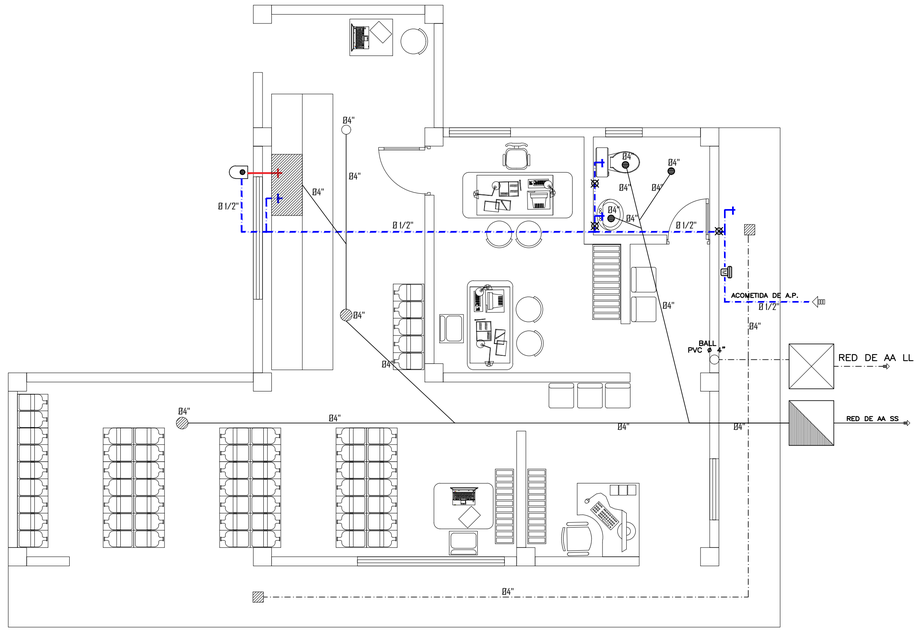
- *Alexander León Rosales*
- *Michelle Quezada Costa*

Escala: *Indicadas*



VISTA EN PLANTA

ESCALA: 1 ——— 50



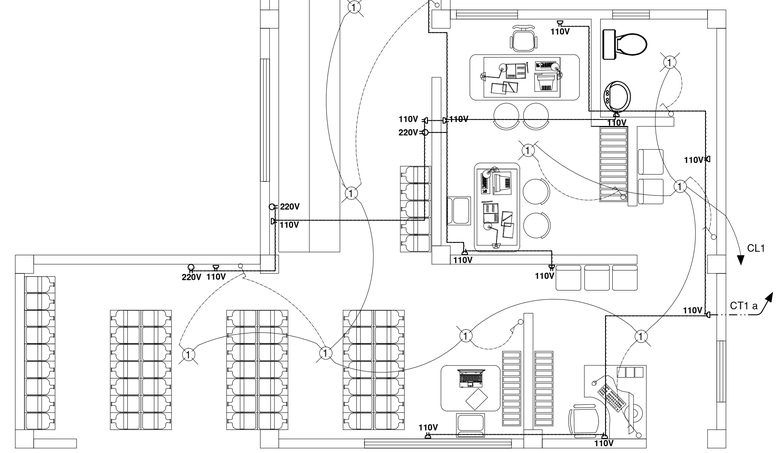
INSTALACIONES SANITARIAS

ESCALA: 1 ——— 50

INSTALACIONES SANITARIAS

SIMBOLOGÍA	
M	MEDIDOR DE AGUA POTABLE
	RED DE AGUA FRIA
	RED DE AGUA CALIENTE
	TOMA DE AGUA POTABLE
	LLAVE DE PASO (CORTADORA)
	POZO DE REVISION AGUAS SERVIDAS
	POZO DE REVISION AGUAS LLUVIAS
	BAJANTE DE AGUAS SERVIDAS
	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS
	SUMIDERO DE PISO
	SUMIDERO AGUAS LLUVIAS
	SIFON
	RED DE AGUAS SERVIDAS
	RED DE AGUAS LLUVIAS
	COLUMNA DE AA.PP.
	CALEFÓN





INSTALACIONES ELÉCTRICAS

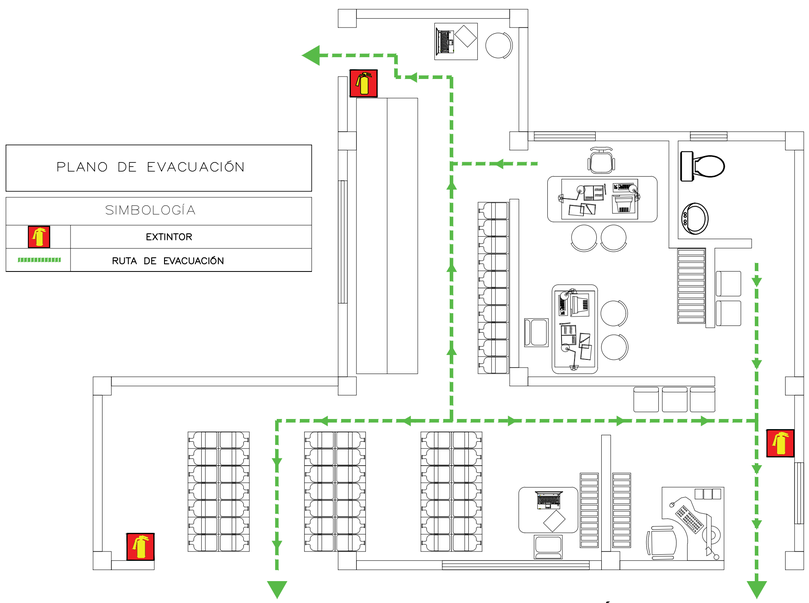
ESCALA: 1 ——— 50

INSTALACIONES ELECTRICAS

SIMBOLOGÍA	
M	MEDIDOR DE ENERGIA ELECTRICA
	TABLERO DE DISTRIBUCION EN PARED
	CONMUTADOR 20A
	INTERRUPTOR DOBLE 20A
	INTERRUPTOR SIMPLE 15A
	LUMINARIA INCANDESC. 100–200(w)
	LUMINARIA OJO DE BUEY
	APLIQUE DE PARED
	LUMINARIA FLUORESCENTE
	A .CIRCUITO DE ALUMBRADO (al. #12 awg)
	B. CIRCUITO DE INTERRUPTORES (#14 awg)
	TOMACORRIENTE DOBLE 120V–20A
	TOMACORRIENTE DOBLE 220V–30A
	SALIDA ESPECIAL
	C. CIRC. TOMACORRIENTES (al. #10 awg)

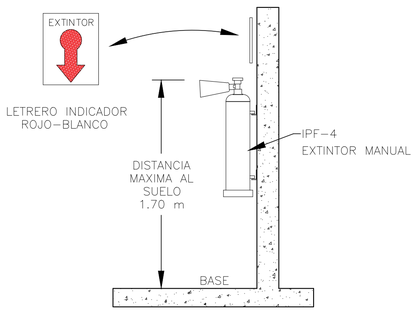
PLANO DE EVACUACIÓN

SIMBOLOGÍA	
	EXTINTOR
	RUTA DE EVACUACIÓN



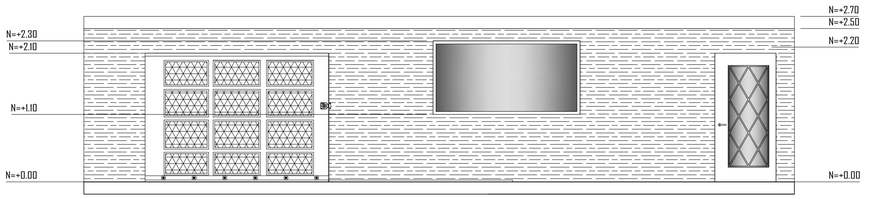
PLANO DE EVACUACIÓN

ESCALA: 1 ——— 50



DETALLE COLOCACIÓN IPF-4

ESCALA: 1 ——— 25

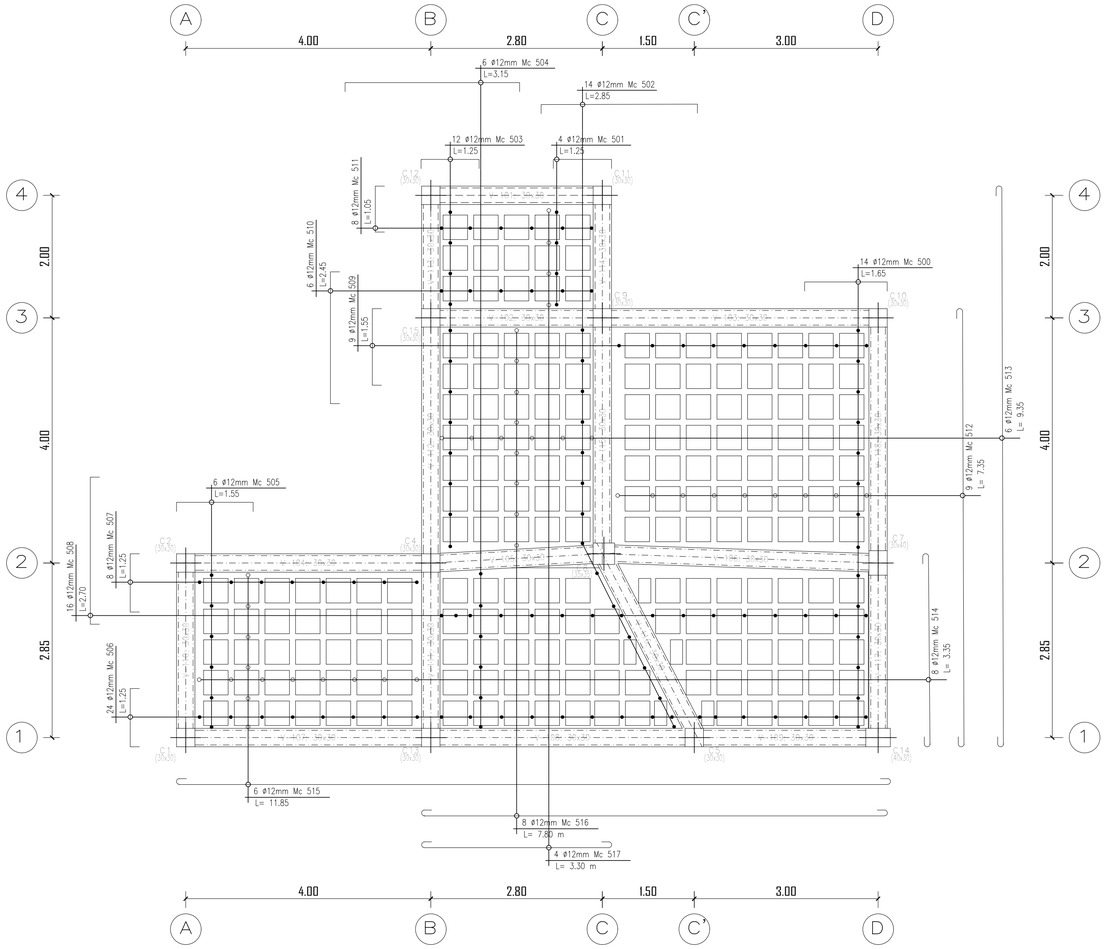


FACHADA FRONTAL

ESCALA: 1 ——— 50

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: *Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL*	**Fecha:** *Enero 2018*
Contiene: *Planta embotelladora*	**Lámina:** 19/22
Revisión: *Holger Benavides Muñoz*	**Profesionales en formación:** - *Alexander León Rosales* - *Michelle Quezada Costa*
Escala: *Indicadas*	



LOSA N+2.70 m e=20 cm

ESCALA: 1 ——— 50

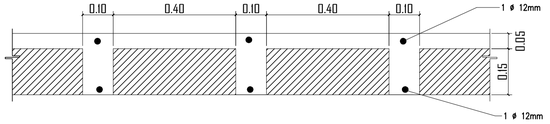
PLANILLA DE HIERROS										
	DIAM	TIPO	CANT	DIMENSIONES					LONGITUD	LONGITUD	OBSERVACIONES
Mc	mm			a	b	c	d	gs	UNITARIA	TOTAL	
500	12	C	14	1.35	0.15				1.65	23.10	LOSA N+2.70
501	12	C	4	0.95	0.15				1.25	5.00	LOSA N+2.70
502	12	C	14	2.55	0.15				2.85	39.90	LOSA N+2.70
503	12	C	12	0.95	0.15				1.25	15.00	LOSA N+2.70
504	12	C	6	2.85	0.15				3.15	18.90	LOSA N+2.70
505	12	C	6	1.25	0.15				1.55	9.30	LOSA N+2.70
506	12	C	24	0.95	0.15				1.25	30.00	LOSA N+2.70
507	12	C	8	0.95	0.15				1.25	10.00	LOSA N+2.70
508	12	C	16	2.40	0.15				2.70	43.20	LOSA N+2.70
509	12	C	9	1.25	0.15				1.55	13.95	LOSA N+2.70
510	12	C	6	2.15	0.15				2.45	14.70	LOSA N+2.70
511	12	C	8	0.75	0.15				1.05	8.40	LOSA N+2.70
512	12	I	9	7.15				2X0,10	7.35	66.15	LOSA N+2.70
513	12	I	6	9.15				2X0,10	9.35	56.10	LOSA N+2.70
514	12	I	8	3.15				2X0,10	3.35	26.80	LOSA N+2.70
515	12	I	6	11.65				2X0,10	11.85	71.10	LOSA N+2.70
516	12	I	8	7.60				2X0,10	7.80	62.40	LOSA N+2.70
517	12	I	4	3.10				2X0,10	3.30	13.20	LOSA N+2.70

RESUMEN DE HIERROS LOSA

DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)	# VAR. 12m	PESO (Kg)
12	527.20	46	490.18
		TOTAL :	490.18

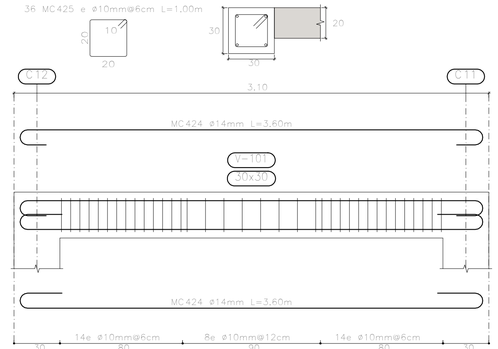
RESUMEN DE CANTIDADES

ACERO ESTRUCTURAL:	f'y = 4200 kg/cm²
HORMIGÓN SIMPLE:	f'c = 240 Kg/cm²
PESO ACERO DE REFUERZO	490.18 Kg
ÁREA DE LOSA	73.14 m²
VOLUMEN DE HORMIGÓN EN LOSA	14.63 m³
BLOQUES DE 15X20X40	411 U



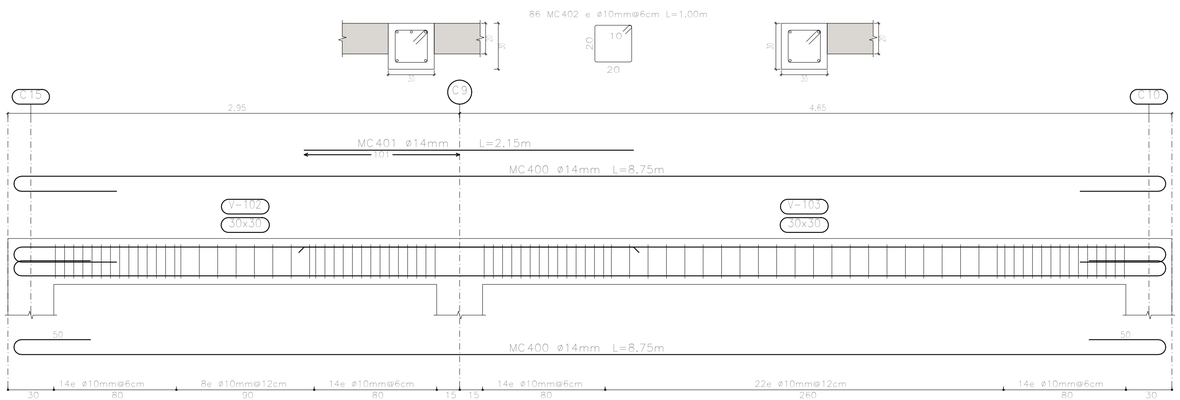
DETALLE DE LOSA e=20 cm

ESCALA: 1 ——— 10



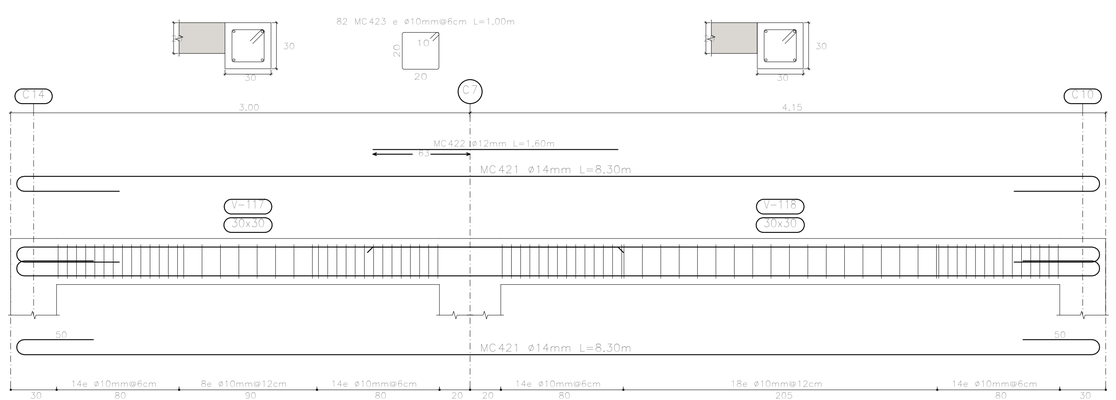
VIGA 101

ESCALA: 1 ——— 20



VIGA 102 Y 103

ESCALA: 1 ——— 20

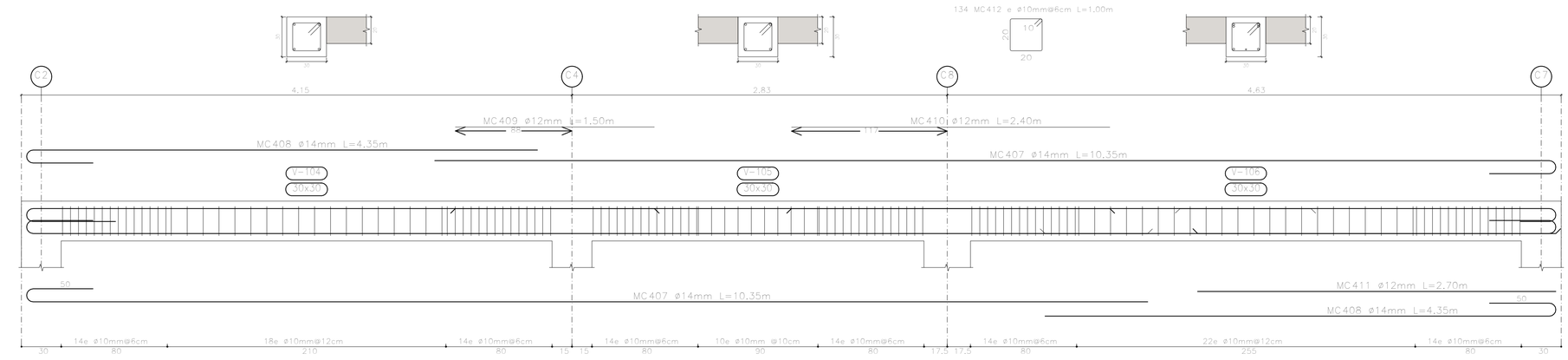


VIGA 117 Y 118

ESCALA: 1 ——— 20

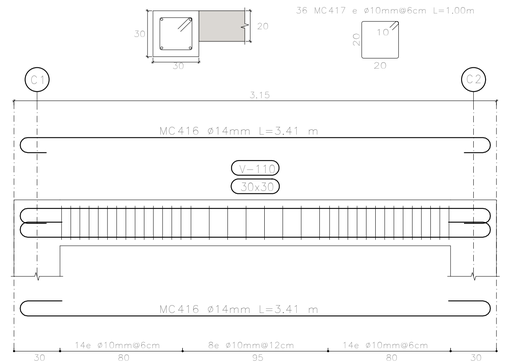
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL	Fecha: Enero 2018
Contiene: Planta embotelladora	Lámina: 20/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa
	Escala: Indicadas



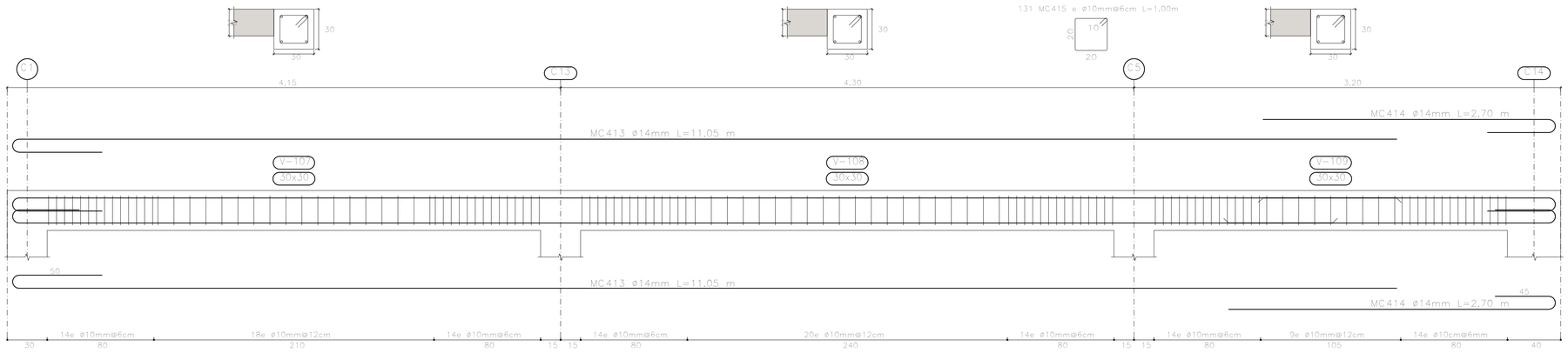
VIGA 104,105 Y 106

ESCALA: 1 — 20



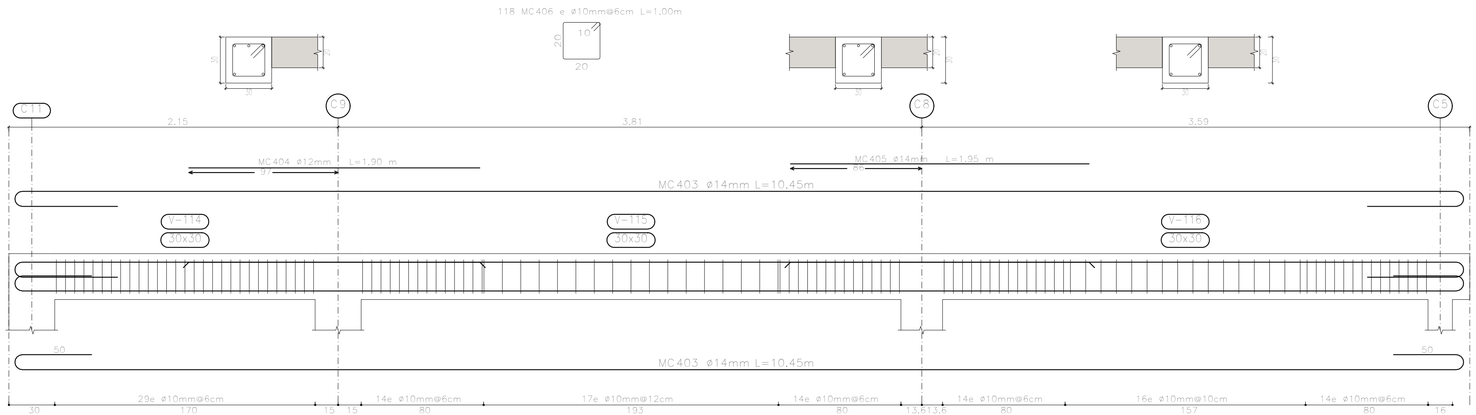
VIGA 110

ESCALA: 1 — 20



VIGA 107,108 Y 109

ESCALA: 1 — 20



VIGA 114,115 Y 116

ESCALA: 1 — 20

RESUMEN DE HIERROS VIGAS

DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)	# VAR. 12m	PESO (Kg)
10	734.00	64	473.86
12	10.10	1	10.66
14	289.69	26	376.90
		TOTAL :	861.41

RESUMEN DE CANTIDADES

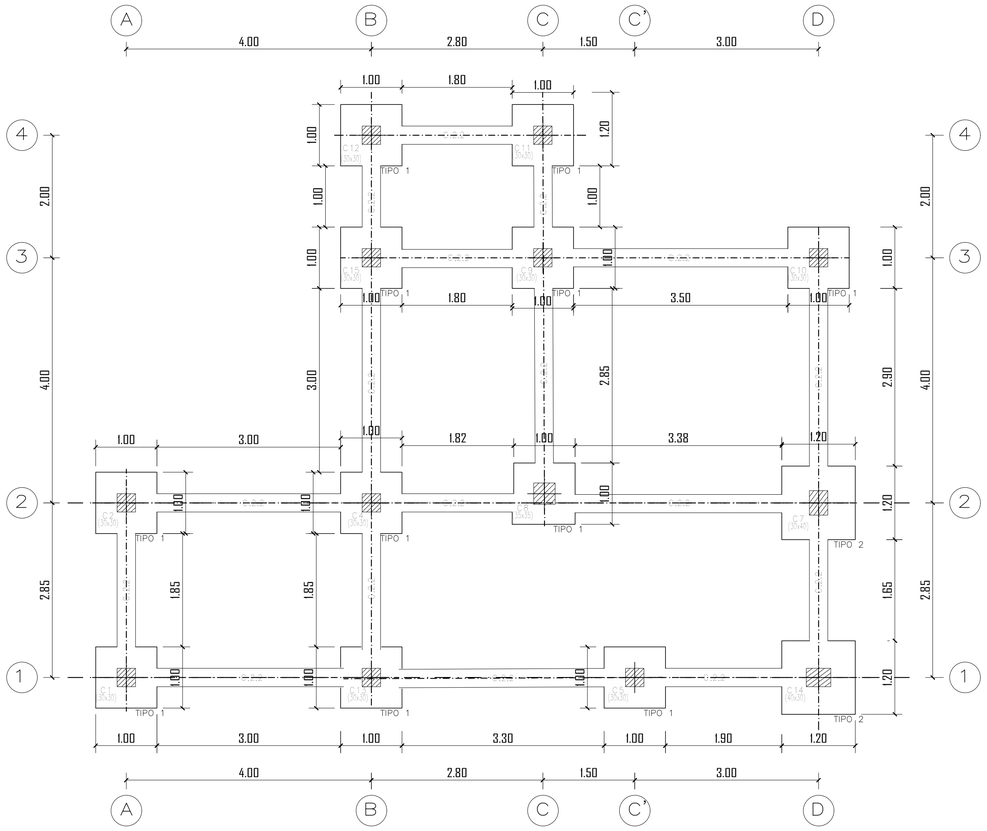
ACERO ESTRUCTURAL:	f'y = 4200 kg/cm²
HORMIGÓN SIMPLE:	f'c = 240 Kg/cm²
PESO ACERO DE REFUERZO EN VIGAS	841.41 Kg
VOLUMEN DE HORMIGÓN EN VIGAS	5.67 m³

PLANILLA DE HIERROS

Mc	DIAM mm	TIPO	CANT	DIMENSIONES a	b	c	d	gs	LONGITUD UNITARIA	LONGITUD TOTAL	OBSERVACIONES
400	14	I	4	7.75				0.50	8.75	35.00	VIGAS 102;103
401	14	I	1	2.15					2.15	2.15	VIGAS 102;103
402	10	O	86	0.20	0.20			0.10	1.00	86.00	ESTRIBOS VIGAS 102;103
403	14	I	4	9.45				0.50	10.45	41.80	VIGAS 114;115;116
404	12	I	1	1.90					1.90	1.90	VIGAS 114;115
405	14	I	1	1.95					1.95	1.95	VIGAS 115;116
406	10	O	118	0.20	0.20			0.10	1.00	118.00	ESTRIBOS VIGAS 114;115;116
407	14	I	4	9.35				0.50	10.35	41.40	VIGAS 104;105;106
408	14	I	4	3.35				0.50	4.35	17.40	VIGAS 104;105;106
409	12	I	1	1.50					1.50	1.50	VIGAS 104;105;106
410	12	I	1	2.40					2.40	2.40	VIGAS 104;105;106
411	12	I	1	2.70					2.70	2.70	VIGA 106
412	10	O	134	0.20	0.20			0.10	1.00	134.00	ESTRIBOS VIGAS 104;105;106
413	14	L	4	10.55				0.50	11.05	44.20	VIGAS 107;108;109
414	14	L	4	2.20				0.50	2.70	10.80	VIGAS 107;108;109
415	10	O	131	0.20	0.20			0.10	1.00	131.00	ESTRIBOS VIGAS 107;108;109
416	14	I	4	2.81				0.30	3.41	13.64	VIGA 110
417	10	O	36	0.20	0.20			0.10	1.00	36.00	ESTRIBOS VIGA 110
418	14	I	4	9.30				0.50	10.30	41.20	VIGAS 111;112;113
419	14	I	1	1.55					1.55	1.55	VIGAS 111;112
420	10	O	111	0.20	0.20			0.10	1.00	111.00	ESTRIBOS VIGAS 111;112;113
421	14	I	4	7.30				0.50	8.30	33.20	VIGAS 117;118
422	12	I	1	1.60					1.60	1.60	VIGAS 117;118
423	10	O	82	0.20	0.20			0.10	1.00	82.00	ESTRIBOS VIGAS 117;118
424	14	I	4	0.20	3.20			0.20	3.60	14.40	VIGA 101
425	10	O	36	0.20	0.20			0.10	1.00	36.00	ESTRIBOS VIGA 101

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL	Fecha: Enero 2018
Contiene: Planta embotelladora	Lámina: 21/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa
	Escala: Indicadas

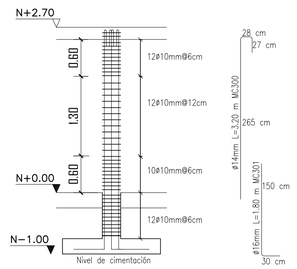


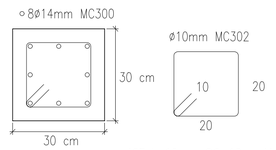
PLANTA DE CIMENTACIONES

ESCALA: 1 ——— 50

PLANILLA DE COLUMNAS

C4=C5=C9=C13=C15
C1=C2=C10=C11=C12

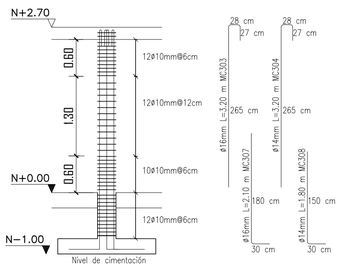


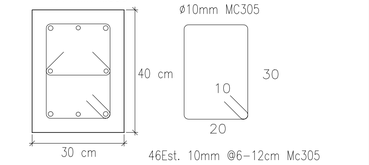


46Est. 10mm @6-12cm Mc302

O: (0.20 x 4)+(0.10 x 2) =1.00m

C14=C7





46Est. 10mm @6-12cm Mc305

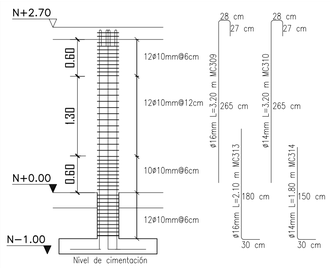
O: (0.20 x 2)+(0.30 x 2)+(0.10 x 2) =1.20m

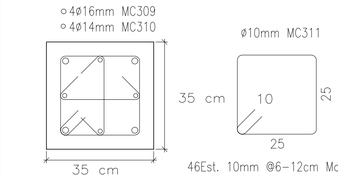


46Est. 10mm @6-12cm Mc306

O: 0.20+(0.10 x 2) =0.40m

C8





46Est. 10mm @6-12cm Mc311

O: (0.25 x 4)+(0.10 x 2) =1.20m



92 Est. 10mm @6-12cm Mc312

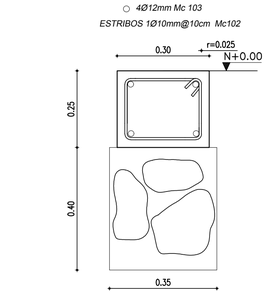
O: 0.25+(0.10 x 2) =0.45m

PLANILLA DE HIERROS

Mc	DIAM mm	TIPO	CANT	DIMENSIONES a	b	c	d	gs	LONGITUD UNITARIA	LONGITUD TOTAL	OBSERVACIONES
100	14	I	110	0.85				0.15	1.15	126.50	PLINTO 1
101	14	I	24	1.05				0.15	1.35	32.40	PLINTO 2
102	10	O	550	0.15	0.20			0.10	0.90	495.00	ESTRIBOS EN CADENAS
103	14	I	VAR	1.70					1.70		CADENAS
300	14	L1	80	2.65					2.65	212.00	COLUMNAS
301	14	L	80	1.80					1.80	250.05	COLUMNAS
302	10	O	460	0.20	0.20			0.10	1.00	460.00	ESTRIBOS EN COLUMNAS
303	16	L1	8	3.20					3.20	128.38	COLUMNAS
304	14	L1	8	3.20					3.20	25.60	COLUMNAS
305	10	O	92	0.20	0.30			0.10	1.20	110.40	ESTRIBOS EN COLUMNAS
306	10	C1	92	0.20	0.10				0.40	36.80	ESTRIBOS EN COLUMNAS
307	16	L	8	2.10					2.10	588.86	COLUMNAS
308	14	L	8	1.80					1.80	2608.20	COLUMNAS
309	16	L1	4	2.65					2.65	10.60	COLUMNAS
310	14	L	4	2.65					2.65	10.60	COLUMNAS
311	10	O	46	0.25	0.25			0.10	1.20	55.20	ESTRIBOS EN COLUMNAS
312	10	C1	92	0.25	0.10				0.45	41.40	ESTRIBOS EN COLUMNAS

PLANILLA DE PLINTOS

PLINTO / NUMERO	TIPO 1 (11)	TIPO 2 (2)
A (m)	1.00	1.20
B (m)	1.00	1.20
h (m)	0.40	0.40
ARMADURA X-X	5ø14mm@20cm Mc100	6ø14mm@20cm Mc101
ARMADURA Y-Y	5ø14mm@20cm Mc100	6ø14mm@20cm Mc101
NIVEL CIMENT.	N-1.00	N-1.00
MAT MEJORAMIENTO	0.50 CM CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO DEBIDAMENTE COMPACTADO O PIEDRA BOLA EN CAPAS DE 20 CM.ESTO ES EN CASO QUE EL SUELO SEA DE REPONER	



CADENA TIPO

ESCALA: 1 ——— 10

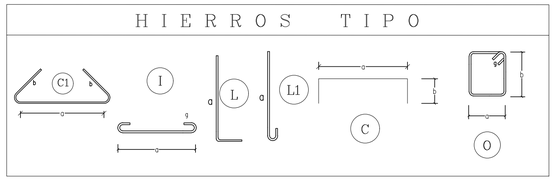
RESUMEN DE HIERROS

DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)	# VAR. 12m	PESO (Kg)
10	1198.80	128	606.08
12	–	–	–
14	3265.35	281	4073.38
16	727.84	63	1192.97
		TOTAL :	6028.96

RESUMEN DE CANTIDADES

ACERO ESTRUCTURAL:	f'y = 4200 kg/cm²
HORMIGÓN SIMPLE:	f'c = 210 Kg/cm²
PESO ACERO DE REFUERZO	6028.96 Kg
VOLUMEN DE HORMIGÓN EN COLUMNAS	3.76 m³
VOLUMEN DE HORMIGÓN EN CADENAS	4.64 m³
VOLUMEN DE HORMIGÓN EN PLINTOS	5.55 m³

HIERROS TIPO



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Proyecto: Estudio y Diseño del Sistema Hidráulico Multipropósito para la EAUTPL	Fecha: Enero 2018
Contiene: Planta embotelladora	Lámina: 22/22
Revisión: Holger Benavides Muñoz	Profesionales en formación: - Alexander León Rosales - Michelle Quezada Costa
	Escala: Indicadas