



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“DISEÑO DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN EL
CANAL DE RIEGO AMBATO – HUACHI – PELILEO EN LA PROVINCIA
DE TUNGURAHUA DESDE EL TRAMO +0.00 KM HASTA +4.24 KM”**

Autor: Rodrigo Mario Naula Aucanshala

Tutor: Ing. Mg. Lenin Gabriel Silva Tipantasig

AMBATO - ECUADOR

Septiembre – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“DISEÑO DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN EL CANAL DE RIEGO AMBATO – HUACHI – PELILEO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA DESDE EL TRAMO +0.00 KM HASTA +4.24 KM”**, elaborado por el Sr. **Rodrigo Mario Naula Aucanshala**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804651659, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, Septiembre 2021

Ing. Mg. Lenin Gabriel Silva Tipantasig
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Rodrigo Mario Naula Aucanshala**, con C.I. 1804651659 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“DISEÑO DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN EL CANAL DE RIEGO AMBATO – HUACHI – PELILEO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA DESDE EL TRAMO +0.00 KM HASTA +4.24 KM”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021



Rodrigo Mario Naula Aucanshala

C.I: 1804651659

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Septiembre 2021



Rodrigo Mario Naula Aucanshala

C.I: 1804651659

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Rodrigo Mario Naula Aucanshala de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“DISEÑO DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN EL CANAL DE RIEGO AMBATO – HUACHI – PELILEO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA DESDE EL TRAMO +0.00 KM HASTA +4.24 KM”**.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firman:

Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solorzano
Miembro Calificador

Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldas
Miembro Calificador

DEDICATORIA

El siguiente trabajo de investigación va dedicado a mis sobrinos: Kelly, Santiago, Analí, Andrea y mi Sobrino en camino de mi hermano Nelson.

AGRADECIMIENTO

A la **Vida** que me permitió trabajar para poder estudiar.

A mi Padre Miguel por enseñarme a trabajar.

A mi Madre Manuela por nunca faltarnos un plato de comida ni una sonrisa en casa.

A mi hermano Nelson ejemplo de Lucha y Espiritualidad.

A Jorge por su Perseveración antes los problemas.

A Jaime por su Apoyo en todo momento.

A Silvia por su Esfuerzo y Firmeza

Al Arquitecto Pedro Silva, eternamente agradecido, un gran ser humano y profesional quien ha compartido su experiencia y conocimiento de manera incondicional.

Rodrigo

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii

B. CONTENIDO

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.2 Justificación.....	2
1.1.3 Fundamentación Teórica	5
1.1.4 Hipótesis.....	27
1.2 Objetivos	27

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2 Materiales.....	28
2.1.1 Métodos.....	28
2.1.2 Plan de recolección de datos	28
2.1.3 Recolección de Velocidades.....	29
2.1.4 Plan de procesamiento y análisis de Información	30

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1	Plan de recolección de datos	32
3.1.1	Descripción del objetivo en estudio	32
3.2	Datos topográficos.....	33
3.2.1	Perfil longitudinal.....	33
3.3	Datos de velocidades	37
3.3.1	Secciones transversales, cálculo de velocidades medias y caudales medios .	37
3.3.2	Determinar el caudal de diseño	92
3.4	Propuesta	94
3.4.2	Pérdidas en la tubería de conducción	105
3.4.3	Cálculo de pérdidas menores.....	115
3.4.4	Caída de presión máxima admisible.....	119
3.4.5	Determinación de la altura neta.....	122
3.4.6	Potencia de la Minicentral	122
3.4.7	Cálculo de espesor de tuberías	123
3.4.8	Presión máxima admisible.....	125
3.4.9	Cálculo de chimenea de equilibrio	125
3.4.10	Cálculo de golpe de ariete	126
3.4.11	Selección de válvula mariposa	128
3.4.12	Selección de la turbina hidráulica	130
 CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Conclusiones	132
4.2	Recomendaciones.....	133
	Referencias Bibliográficas	134
	ANEXO FOTOGRAFICO.....	136
	ANEXO 2 MAPA DE UBICACIÓN.....	137
	ANEXO 3.- MÓDULO 2.....	138
	ANEXO 3.- MÓDULO 3.....	139
	ANEXO 4.- MÓDULO 4.....	140

ANEXO 5.- MÓDULO 5.....	141
ANEXO 7. MÓDULO 1. ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA.	142
ANEXO 8. CATALOGO KUBIEC.....	143
ANEXO 9. CATALOGO TUBERÍA	144
ANEXO 10. PRESUPUESTO	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación según la capacidad instalada	8
Tabla 2. Clasificación de las PCH según potencia y salto	9
Tabla 3. Georreferenciar	32
Tabla 4. Sección 1 antes de Módulo 1	41
Tabla 5. Sección 2 después de Módulo 1	42
Tabla 6. Sección 3 antes del Módulo 2	43
Tabla 7. Sección 4 antes de Módulo 2	44
Tabla 8. Sección 5 antes de Módulo 3	45
Tabla 9. Sección 6 después de Módulo 3	46
Tabla 10. Sección 7 antes de Módulo 4	47
Tabla 11. Sección 8 después de Módulo 4	48
Tabla 12. Sección 9 antes de Módulo 5	49
Tabla 13. Sección 10 después de Módulo 5	50
Tabla 14. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 2).....	51
Tabla 15. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 3).....	52
Tabla 16. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 4).....	53
Tabla 17. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 5).....	54
Tabla 18. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 6).....	55
Tabla 19. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 7).....	56
Tabla 20. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 8).....	57
Tabla 21. Sección 3 después de Módulo 1 (medición 9)	58
Tabla 22. Sección 3 después de Módulo 1 (medición 10)	59
Tabla 23. Sección 3 después de Módulo 1 (medición 11)	60
Tabla 24. Sección 3 después de Módulo 1 (medición 12)	61
Tabla 25. Sección 4 después de Módulo 1 (medición 13)	62
Tabla 26. Sección 4 después de Módulo 1 (medición 14)	63
Tabla 27. Sección 4 después de Módulo 1 (medición 15)	64
Tabla 28. Sección 4 después de Módulo 1 (medición 16)	65
Tabla 29. Resumen de caudales	66
Tabla 30. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y sección 1 antes de Módulo 1.....	67
Tabla 31. Velocidades a 0.6Y del canal sección 1 antes de Módulo 1	67
Tabla 32. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1	68

Tabla 33. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1	68
Tabla 34. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes del Módulo 2	69
Tabla 35. Velocidades a 0.6Y del canal antes del Módulo 2	69
Tabla 36. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 2.....	70
Tabla 37. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 2.....	70
Tabla 38. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 3	71
Tabla 39. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 3	71
Tabla 40. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 3.....	72
Tabla 41. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 3.....	72
Tabla 42. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 4.....	73
Tabla 43. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 4.....	73
Tabla 44. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 4.....	74
Tabla 45. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 4.....	74
Tabla 46. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 5	75
Tabla 47. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 5.....	75
Tabla 48. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 5.....	76
Tabla 49. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 5.....	76
Tabla 50. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 2).....	77
Tabla 51. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 2).....	77
Tabla 52. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 3).....	78
Tabla 53. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 3).....	78
Tabla 54. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 4).....	79
Tabla 55. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 4).....	79
Tabla 56. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 5).....	80
Tabla 57. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 5).....	80
Tabla 58. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 6).....	81
Tabla 59. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 6).....	81
Tabla 60. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 7).....	82
Tabla 61. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 7).....	82
Tabla 62. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 8).....	83
Tabla 63. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 8).....	83
Tabla 64. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 9)	84
Tabla 65. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 9)	84

Tabla 66. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 10)	85
Tabla 67. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 10)	85
Tabla 68. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 11)	86
Tabla 69. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 11)	86
Tabla 70. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 12)	87
Tabla 71. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 12)	87
Tabla 72. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 13)	88
Tabla 73. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 13)	88
Tabla 74. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 14)	89
Tabla 75. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 14)	89
Tabla 76. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 15)	90
Tabla 77. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 15)	90
Tabla 78. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 16)	91
Tabla 79. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 16)	91
Tabla 80. Caudal promedio destinado al Módulo 1	92
Tabla 81. Tabla de resumen caudal de módulos	92
Tabla 82. Tabla de la potencia hidráulica para los módulos	94
Tabla 83. Factor de fricción en la zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial, nueva y limpia	117
Tabla 84. Módulo de elasticidad del agua	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Esquema de una central hidráulica	5
Fig. 2. Centrales de pasada o de filo de agua	6
Fig. 3. Centrales de embalse	7
Fig. 4. Centrales de acumulación por bombeo	7
Fig. 5. Esquema general de un salto de agua	10
Fig. 6. Tipos de secciones de canal	13
Fig. 7. Esquema de bocatoma	15
Fig. 8. Aliviadero y compuertas de control	16
Fig. 9. Esquema cámara de carga	17
Fig. 10. Esquema de un desarenador	18
Fig. 11. Canales de diferentes tipos	19
Fig. 12. Componentes de una tubería de presión	20
Fig. 13. Válvula de compuerta	21
Fig. 14. Válvulas de mariposa con diferentes mecanismos de apertura y cierre	22
Fig. 15. Apoyos y anclajes para tuberías de presión	22
Fig. 16. Turbina Pelton	24
Fig. 17. Turbina Banki-Michell	25
Fig. 18. Turbina Francis	26
Fig. 19. Turbina Francis	26
Fig. 20. Matriz de datos de Velocidades	29
Fig. 21. Mapa de ubicación	33
Fig. 22. Sección Transversal del canal	34
Fig. 23. Sección Transversal Módulo 1 - Aliviadero	34
Fig. 24. Sección Transversal Módulo 2	35
Fig. 25. Sección Transversal Módulo 3	35
Fig. 26. Sección Transversal Módulo 4	36
Fig. 27. Sección Transversal Módulo 5	36
Fig. 28. Matriz de datos de velocidades del canal sección 1	37
Fig. 29. Toma de datos en canal de riego	38
Fig. 30. Molinete DM-4000	38
Fig. 31. Esquema de áreas a 0.2Y y 0.8Y para cálculo de velocidad	39
Fig. 32. Esquema de áreas a 0.6Y para cálculo de velocidad	39

Fig. 33. Esquema de propuesta	95
Fig. 34. Perfil transversal del proyecto	97
Fig. 35. Implantación actual de la cara de carga	97
Fig. 36. Detalle diseño cámara de carga	98
Fig. 37. Detalle frontal cámara de carga	99
Fig. 38 Esquema de Cámara de Carga	102
Fig. 39. Detalle de desnivel.....	103
Fig. 40. Selección de diámetro de tubería.....	104
Fig. 41. Esquema de tubería a presión	105
Fig. 42. Tramo 1 tubería de conducción	106
Fig. 43. Tubería de presión	109
Fig. 44. Tubería a presión - Cuarto de máquinas	112
Fig. 45. Coeficiente de resistencia de entradas	116
Fig. 46. Codos de tubería	117
Fig. 47. Válvula mariposa.....	118
Fig. 48. Rendimiento turbina Francis.....	123
Fig. 49. Curva de límite de velocidad VAC VKN	129
Fig. 50. Válvula mariposa PN6.....	129
Fig. 51. Curvas de selección de turbinas hidráulicas	130

RESUMEN

En el presente trabajo técnico se propone un aprovechamiento hidroenergético del afluente del canal de riego en el tramo +0.00 kilómetros a 4.3 kilómetros comprendido entre los sectores Huachi La Libertad y Manzana de Oro, basándose en un levantamiento topográfico donde se ubicaron los módulos existentes en el tramo de estudio.

Se determinaron las propiedades físicas e hidráulicas de los módulos comprendidos en las abscisas: 0+140 kilómetros (Módulo 1), 0+380 kilómetros (Módulo 2), 1+340 kilómetros (Módulo 3), 2+240 kilómetros (Módulo 4), 3+800 kilómetros (Módulo 5). Los equipos utilizados para determinar el caudal es el molinete DMM-4000. Las velocidades obtenidas se procesaron en una hoja de cálculo para determinar el caudal de cada módulo.

Se diseñó la obra civil que comprende una cámara de carga, una tubería de conducción y se seleccionó la turbina Michell Banki para el Módulo 1, ya que tiene un desnivel topográfico de 10 metros y el caudal promedio de 0.392 m³/s necesarios para generar una potencia energética de 38.46 Kw, misma que se aprovechará en el sector agrícola.

Palabras claves: Canal de riego, Aprovechamiento hidroenergético, Minicentral hidroeléctrica, Michell Banki, Molinete DMM-400.

ABSTRACT

In the stated technical project, it is intended to take advantage from the water channel's current, starting at the +0.00 Km up to 4.3 Km, between the locations of Huachi la Libertad and Manzana de Oro. All this based on the topographic survey, where modules were placed on the tract of study.

Physical and Hydraulic properties were determined for the modules included between the abscissa: 0+140 Km (Module 1); 0+380 Km (Module 2); 1+340 Km (Module 3); 2+240 Km (Module 4); 3+800 Km (Module 5).

The design in this civil project included a charging station, a conducting pipe, and a turbine Michell Banki. This turbine was selected for Module 1 since there is a 10-meter topographic unevenness and the average flow is 0.392 m³/s, which is the average flow necessary to generate 38.46 Kw of power. Ultimately the generated power will be used for agriculture.

key words: water channel, hydropower harvesting, hydroelectric system, Michell Banki, Molinete DMM-400.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.1 Antecedentes Investigativos

Galilea en 2014 en su artículo “Micro hidro generación en canales de riego”, menciona la factibilidad de una hidrogenación a pequeña escala aprovechando la energía cinética generada por el agua y a través de pequeñas modificaciones en la infraestructura civil del canal de riego buscando un rendimiento óptimo a bajo costo y mitigar el impacto ambiental [1].

En el 2011 Sierra V, Sierra A. & Guerrero, plantea “Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica” busca el aprovechamiento hídrico para suministrar de energía eléctrica en zonas aisladas, las microcentrales hidroeléctricas tienen la capacidad de generar energía eléctrica sin la necesidad de grandes represas aprovechando la energía potencial del agua, almacenada en un nivel superior a energía cinética al fluir a un nivel inferior.

Es por esta razón que, el autor propone tres tipos de clasificación como es de embalse, altura de la fuente y la cantidad de energía eléctrica, por lo tanto, se subdivide en micro, mini y pequeña central hidroeléctrica. Siendo una representación tecnológica y con una facilidad de adaptación e instalación, provocando un mínimo impacto ambiental en buenas condiciones como: topográficas, hidrológicas y pluviométricas para el proyecto.

Debido a esto, la micro central hidroeléctrica está compuesta por una fuente de hidroenergía, turbina y generador de electricidad, siendo importante dentro de una obra civil un bocatoma, desarenador, cámara de carga y una tubería de presión.

Por otro lado, la turbina hidráulica permite transformar la energía potencial del fluido en energía mecánica; clasificándola como turbina de acción-presión y la de reacción-presión variable. Mientras tanto en las pequeñas centrales hidroeléctricas es muy común las turbinas tipo Pelton, Michell-Banki y Axiales porque son las más versátiles [2].

Montiel, Velázquez y Osuna en 2018 en su investigación “Construcción de una central Minieléctrica para la venta y/o autoconsumo de energía eléctrica en el módulo de riego IV-1 “Culiacancito” A.C.” si bien es cierto los beneficios para promover la construcción de un proyecto moderno es mediante una pequeña central eléctrica,

abastecida por el canal de riego del Módulo de Riego IV-1 A.C., ubicada Cd. Culiacancito en los municipios Culiacán y Navolato en el Estado de Sinaloa. Esta pequeña central hidroeléctrica da una energía 0.3 MW con una eficiencia del 92.2% del turbogenerador, representando un proyecto de modernización del canal [3].

Cruz, Lara & Ramírez en su estudio denominado “Gestión socioambiental sustentable en la comunidad Ixil de Chel, Chajul, Quiché, Guatemala. Estudio de caso: Hidroeléctrica comunitaria” por lo tanto, es importante el aprovechamiento de los recursos hídricos para la generación de energía, lo que beneficia a 1.566 familias con un potencial de 165 k, este prototipo de generación es aislada para mejorar la calidad de vida de las comunidades aledañas [4].

Morales en el 2018 en su investigación “Estudio y caracterización hidráulica del óvalo 5 al óvalo 9 del canal de riego Ambato- Huachi- Pelileo, cantón Ambato, Provincia de Tungurahua” sin duda este proyecto es importante para enfocarnos en el campo de una investigación con la “Obtención de electricidad a través de canales de riego como fuentes energéticas.”, Admitido por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato.

Describe la importancia de aprovechar los recursos hídricos para producir energía, basándonos en los estudios de las características físicas e hidráulicas del canal de riego, tales como el caudal circulante de 3.50 m³/s y con una velocidad de 0.5 m/s en un canal trapezoidal recubierto de hormigón con una pendiente 0,09% [5].

1.1.2 Justificación

Desde tiempos antiguos los seres humanos hemos necesitado de energía para vivir, ésta proviene de diferentes fuentes como el sol, el agua, el viento, ellos son los principales generadores de este valioso recurso, sin embargo, en la búsqueda de satisfacer nuestras necesidades hemos agotado la mayoría de recursos naturales disponibles, a tal punto que en la actualidad se presentan problemas graves que han afectado a nuestro planeta.[6]

“Las emisiones de CO₂ han deteriorado gravemente la capa de Ozono, los ríos en un 80% se encuentran contaminados principalmente por desechos de ciudades e industrias que descargan sus aguas servidas sin un debido proceso” [7].

El sistema actual de producción energética a nivel mundial está basado en la utilización de combustibles fósiles, el más común de ellos es el petróleo, seguido del carbón

mineral y el gas. La producción de energía a partir de estas materias está siendo fuertemente cuestionada debido a los daños causados en varios campos sin olvidar que son recursos limitados los cuales están en puntos concretos del planeta, su uso a gran escala ha provocado graves efectos sobre el medio ambiente y la salud de los seres vivos

El mundo en general está cada vez más consciente de la necesidad de proteger el medio ambiente y emplear métodos no contaminantes de producción de energía. Esto se debe al amplio consenso alcanzado en la comunidad científica internacional sobre la existencia del cambio climático; estos hechos han provocado que en las dos últimas décadas se firmen una serie de compromisos políticos internacionales que apuestan por alcanzar un modelo de desarrollo sostenible, la academia desde las aulas hace su parte como es la reutilización de aguas servidas empleadas en proyectos energéticos que solucionen problemas reales de los poblados aledaños.

El uso de las aguas residuales es un concepto que aparece hace aproximadamente dos décadas atrás con la aparición de la energía renovable y el bajo impacto ambiental, las minicentrales hidroeléctricas encajan a la perfección en esta idea, además aportan energía más limpia, estable, y eficiente al medio en que se encuentran.

La energía confiable y estable ha permitido desarrollar la hidrogenación eléctrica en nuestro país, que busca reducir la contaminación y abastecer el servicio eléctrico para mejorar la calidad de vida de la población [1].

Dado que, las políticas estatales facilitaron la construcción de las centrales hidroeléctricas para abastecer al país con una potencia nominal de 6.005 MW desde el año 2015 [7].

Del mismo modo, la distribución y el abastecimiento hidro energético no ha permite llegar a lugares lejanos, esto es claro en los pueblos de la Amazonia, por esta razón han optado por fuentes de generación alternativa, tales como plantas eléctricas de combustión fósil o pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) [8].

Es por esta razón que, este proyecto va enfocado para que la sociedad pueda llegar a tener conciencia medioambiental y poder reducir el uso de plantas eléctricas de combustión fósil ya sea por su alto costo de mantenimiento y su por su gran impacto al medio ambiente.

Permitiendo el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) en zonas alejadas. Esto ha generado grandes ventajas de reducir costo de operación por Kw,

mantenimiento, facilidad de adaptación e implementación en el campo y por ende el aprovechamiento máximo de hidro-energía en arroyos, riachuelos y canales de regadío [9].

De este modo, tratamos de aprovechar el afluente constante del canal de Riego Ambato - Huachi - Pelileo de un caudal de 3.5 m³/s y 2.0 m³/s que beneficia 5.800 hectáreas productivas en la provincia de Tungurahua, con el estudio e implementación de una pequeña central hidroeléctrica (PCH) [10].

Mediante una investigación documental y respetando un proceso sistemático se ha llegado a determinar el desaprovechamiento de los recursos hidro energéticos en el canal de riego Ambato – Huachi – Pelileo en la provincia de Tungurahua, con la idea de mantener los criterios de sostenibilidad se ha pensado en la reutilización del agua de regadío del canal antes mencionado, para generar energía eléctrica se ha empezado tomando datos fundamentales como el caudal, velocidad, calado y las propiedades físicas.

El lugar destinado para el proyecto se ha tomado debido a las condiciones topográficas las cuales proporcional las características adecuadas para reutilizar el recurso hídrico y de esta manera satisfacer las necesidades agrícolas del sector.

En el sector se encuentra un vertedero y varias caídas, conjuntamente con una cámara de presión que al momento se usa para fines de conducción hidráulica.

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 Hidroenergía

Es la energía que tiene el agua cuando se mueve a través de un cauce o cuando se encuentra embalsada (energía potencial) a cierta altura y se deja caer para producir energía eléctrica. Esta fuente de energía renovable se requiere suficiente cantidad de agua, para su desarrollo requiere las construcciones de las centrales hidroeléctricas de acuerdo con las condiciones del entorno [11].

1.1.3.2 Central Hidroeléctrica

Una central hidroeléctrica es una instalación que permite la conversión de la energía disponible en un recurso hidráulico en energía eléctrica [12].

Un curso cualquiera de agua como un río o un canal, por el hecho de contener una masa en movimiento, posee cierta energía cinética. Si el curso se encuentra a cierta altura respecto de un punto de referencia, el volumen de agua contendrá además una energía potencial gravitatoria con respecto a ese punto (Figura 1) [13].

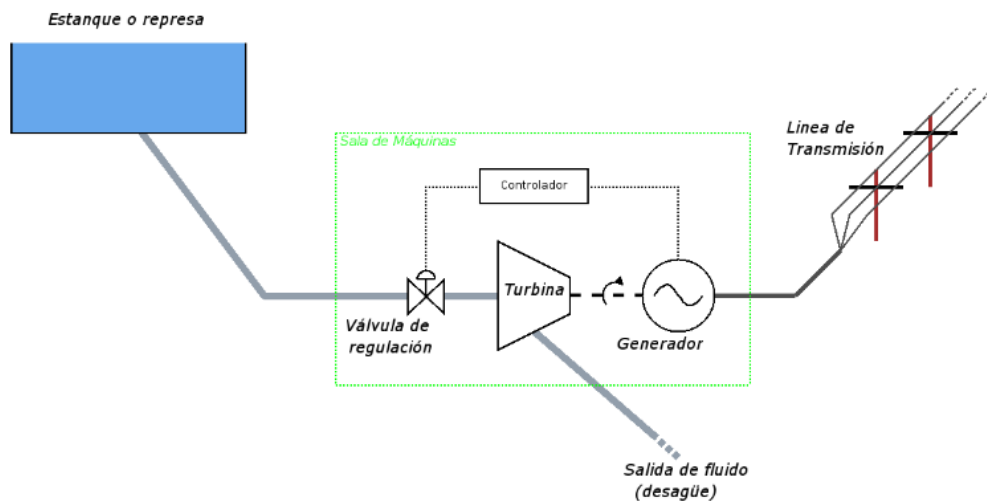


Fig. 1. Esquema de una central hidráulica

Fuente: [12]

Las centrales hidroeléctricas utilizan energía que cae en la categoría de energías renovables. Las energías renovables son aquellas que, efectuada su transformación y aprovechamiento, no se consumen ni agotan en una escala humana. Otros ejemplos de

energías renovables son la solar, eólica, geotérmica, la del océano y la proveniente de la biomasa [12].

1.1.3.3 Clasificación de las centrales hidroeléctricas

1.1.3.3.1 Según el tipo de utilización de agua

1.1.3.3.2 Centrales de pasada o de filo de agua

También denominadas centrales de agua fluyente, es aquel aprovechamiento en el que se desvía parte del flujo del río mediante una toma, y a través de canales o conducciones se lleva hasta la central donde será turbinada. Una vez obtenida la energía eléctrica, el agua desviada es devuelta nuevamente al cauce del río. Las turbinas pueden ser de eje vertical, cuando el río tiene una pendiente alta u horizontal cuando la pendiente del río es baja (Figura 2) [14].



Fig. 2. Centrales de pasada o de filo de agua

Fuente: [14]

1.1.3.3.3 Centrales de embalse

En este tipo de centrales se embalsa un volumen considerable de agua mediante permite regular la cantidad de agua que forman lagos artificiales; el embalse la construcción de una o más presas pasa por las turbinas, con el fin de unificar almacenamiento o regulación exigen, por afluentes en el río. Las centrales con las variaciones temporales de los caudales lo general, una inversión de capital mayor disminuyendo el costo de la energía incremento de la producción energética, que las de filo de agua, pero facilitan el generada (Figura 3) [11].

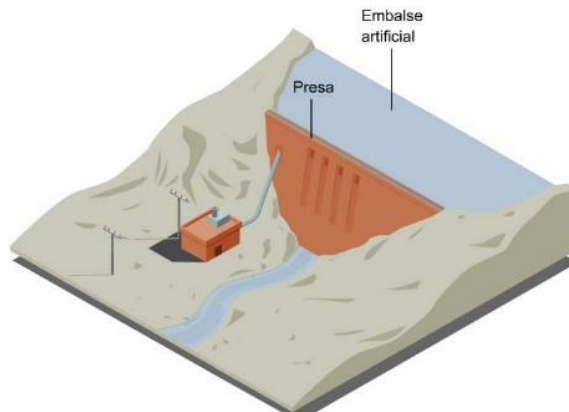


Fig. 3. Centrales de embalse

Fuente: [14]

1.1.3.3.4 Centrales de acumulación por bombeo

Disponen de dos embalses situados a energía eléctrica alcanza su máximo nivel diferente nivel; cuando la demanda de rodete de la turbina asociada a un en el embalse superior hace girar el a lo largo del día, el agua almacenada central convencional generando energía. alternador funcionando como un día en las que la demanda es menor el embalse inferior. Durante las horas del Después el agua queda almacenada en que inicie nuevamente el ciclo productivo. agua se bombea al embalse superior para sus turbinas son reversibles de manera de motores-bomba o, alternativamente, Para ello la central dispone de un grupo que puedan funcionar como bombas y los alternadores como motores (Figura 4) [11].

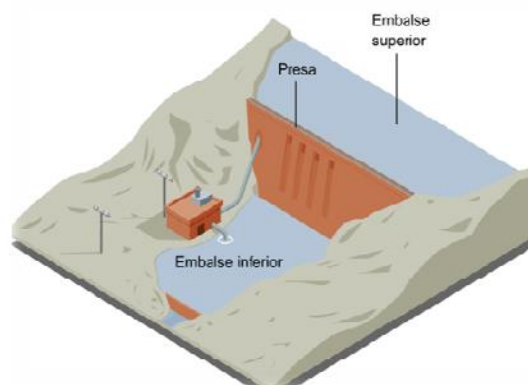


Fig. 4. Centrales de acumulación por bombeo

Fuente: [14]

1.1.3.3.5 Según a la capacidad instalada

Las centrales hidroeléctricas de acuerdo a su capacidad instalada pueden clasificarse como en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación según la capacidad instalada

Grandes centrales	Potencia superior a 5 [MW]
Pequeñas Centrales	Potencia superior a 1 [MW] e inferior a 5 [MW]
Minicentrales	Potencia superior a 100 [kW] e inferior a 1 [MW]
Microcentrales	Potencia superior a 1,5 [kW] e inferior a 100 [kW]
Hidrocargadores	Potencia menor que 1,5 [kW], generan electricidad en corriente continua, la cual puede aprovecharse para cargar baterías

Fuente: [12]

1.1.3.4 Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH)

Las pequeñas centrales hidroeléctricas son centrales de generación hidroeléctrica, con una potencia de generación baja. En su mayoría se construyen en zonas aisladas y no representan gran importancia para el sistema de interconexión nacional ya que su área de influencia es muy reducida [15].

Una pequeña central hidroeléctrica es una instalación donde se utiliza la energía hidráulica para generar reducidas cantidades de electricidad hasta 5000 kW. Aproximadamente, por medio de uno o más conjuntos o grupos turbina/generador [16].

1.1.3.5 Clasificación de las PCH

1.1.3.5.1 Según Potencia y Salto

Desde el punto de vista tecnológico y constructivo se adopta una terminología adecuada para la diferenciación como se aprecia en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de las PCH según potencia y salto

	Rango de Potencia	Salto (m)		
	kW	Bajo	Medio	Elevado
Microcentrales	hasta 50	menos de 15	15-50	más de 50
Minicentrales	50-500	menos de 20	20-100	más de 100
Pequeñas Centrales	500-5000	menos de 25	25-130	más de 130

Fuente: [16]

Los saltos bajos, medios y elevados corresponden aproximadamente al empleo típico de turbinas Axiales, Francis o Michell Banki y Pelton respectivamente [16].

1.1.3.5.2 Según su concepción tecnológica

En forma cualitativa, se puede considerar lo siguiente:

1.1.3.5.3 Centrales con Tecnologías Convencionales

Se consideran obras civiles de calidad en la toma, canal y cámara de carga; desarenador en toma, tuberías de acero, equipo electromecánico diseño y construido según normas de países desarrollados, tableros instrumentales, etc [16].

1.1.3.5.4 Centrales con Tecnología no Convencionales

Se consideran frecuentemente la utilización y mejora de tomas de canales de riego existentes, la cámara de carga instalada en línea sobre el canal, e incluye el desarenador, tuberías de presión en materiales no metálicos, equipo electromecánico diseñado y construido con tecnologías apropiadas a las condiciones específicas del país, tableros modulares simples con un mínimo de instrumentación [16].

1.1.3.6 Evaluación del recurso energético

1.1.3.6.1 Medición de salto

El salto es la otra magnitud fundamental para el diseño de una minicentral hidroeléctrica. Deberá ser el máximo permitido por la topografía del terreno, teniendo

en cuenta los límites que marcan la afección al medio ambiente y la viabilidad económica de la inversión [17].

Se definen los siguientes conceptos en la medición de salto (Figura 5):

Salto bruto (H_b): Altura existente entre el punto de la toma de agua del azud y el punto de descarga del caudal turbinado al río [17].

Salto neto (H_n): Es la diferencia entre el salto útil y las pérdidas de carga producidas a lo largo de todas las conducciones. Representa la máxima energía que se podrá transformar en trabajo en el eje de la turbina [17].

Pérdidas de carga (H_p): Son las pérdidas por fricción del agua contra las paredes del canal y sobre todo en la tubería forzada, más las pérdidas ocasionadas por turbulencia, al cambiar de dirección el flujo, al pasar a través de una rejilla o de una válvula, etc. Se miden como pérdidas de presión (o altura de salto) y se calculan mediante fórmulas derivadas de la dinámica de fluidos [17].

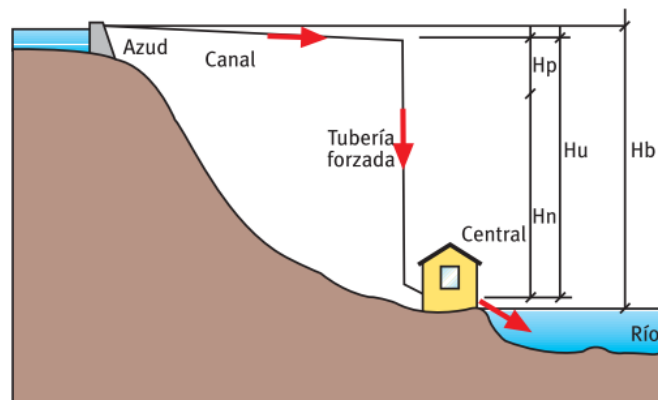


Fig. 5. Esquema general de un salto de agua

Fuente: [17]

1.1.3.6.2 Método del nivel de ingeniero

El nivel de ingeniero es capaz de registrar 1 mm de precisión; pero es caro y pesado, requiere operadores diestros. Por lo general, los errores se producen por las largas series de cálculos que hay que efectuar. Con él las distancias pueden ser medidas simultáneamente [8].

1.1.3.6.3 Medición de caudal

Es fundamental la elección de un caudal de diseño adecuado para definir el equipamiento a instalar, de forma que la energía producida sea la máxima posible en función de la hidrología. Por tanto, el conocimiento del régimen de caudales del río en

la zona próxima a la toma de agua es imprescindible para la determinación del caudal de diseño del aprovechamiento [17].

1.1.3.6.4 Método del área y velocidad

Este método se basa en el principio de continuidad. Para un fluido de densidad constante fluyendo a través del área de una sección conocida, el producto de la sección por la velocidad media será constantes:

$$\text{Área} * V_{\text{media}} = Q = \text{Constante (m}^3/\text{s)}$$

Donde: V_{media} = velocidad promedio del agua en la corriente

Este producto es igual al valor del caudal volumétrico (Q) en m^3/s [8].

1.1.3.6.5 Método con medidores de corriente o correntómetros

También llamados molinetes, consisten en un mango con una hélice o copas conectadas al final. La hélice rota libremente y la velocidad de rotación está relacionada con la velocidad del agua. Un contador mecánico registra el número de revoluciones del propulsor que se ubica a la profundidad deseada. Con estos medidores es posible tomar muchas lecturas en una corriente y calcular la velocidad media [8].

1.1.3.7 Potencia a instalar y producción

La minicentral hidroeléctrica cuenta con una potencia disponible que varía en función del caudal de agua disponible para ser turbinado y el salto existente en cada instante.

La expresión que nos proporciona la potencia instalada es la siguiente:

$$P = 9,81 * Q * H_n$$

P = Potencia en kW

Q = Caudal de equipamiento en m^3/s

H_n = Salto neto existente en metros [17].

1.1.3.8 Instalaciones de Obra Civil

La obra civil engloba las infraestructuras e instalaciones necesarias para derivar, conducir y restituir el agua turbinada, así como para albergar los equipos electromecánicos y el sistema eléctrico general y de control [17].

1.1.3.8.1 Bocatomas

Las bocatomas son obras hidráulicas cuya función es regular y captar un determinado caudal de agua, en este caso, para la producción de hidroenergía sea esta mecánica o eléctrica. Las bocatomas nos permiten tomar el agua de los ríos y conducirla aprovechando la fuerza de la gravedad [8].

1.1.3.8.2 Funciones de las bocatomas

Garantizar la captación de una cantidad constante de agua, especialmente en épocas de estío [8].

Impedir, hasta donde sea posible, el ingreso de materiales sólidos y flotantes, haciendo que estos sigan el curso del río o facilitando la limpieza [8].

1.1.3.8.3 Ubicación

Desde el punto de vista del curso de río, la mejor ubicación para las bocatomas corresponde a los tramos rectos y estables del mismo. En caso de no contarse con estas condiciones, preferentemente se ubicarán en los primeros tramos de la curva y siempre en la parte convexa [8].

1.1.3.9 Partes de una bocatoma

1.1.3.9.1 Barraje

Es una estructura de derivación que sirve para elevar el nivel de las aguas y se construye transversal al río con fines de captación, siempre y cuando sea necesario. Es decir, en aquellos casos en que el tirante del río no sea lo suficientemente grande [8].

1.1.3.9.2 Descarga de fondo

Se llama así a la compuerta metálica que sirve para eliminar los materiales de acarreo que se acumulan delante del barraje. En algunos casos, esta compuerta es parte del barraje [8].

1.1.3.9.3 Solera de captación

Se trata de una losa o piso a desnivel respecto de la antecámara o piso de bocatoma, cuyo objetivo es crear un pozo de sedimentación donde se depositen los materiales de suspensión [8].

1.1.3.9.4 Antecámara o zona de decantación

Es el área que por su desnivel respecto de la solera de captación está destinada a recibir y acumular los materiales de acarreo al río. Su cota será la misma que la del río y aproximadamente 30 cm. Menor que la solera de captación [8].

1.1.3.9.5 Rejas de admisión

Antes de la compuerta de admisión de agua al canal de conducción es conveniente colocar una reja de 5cm de abertura máximo. Esta impedirá el ingreso de pedrones y materiales flotantes que puedan afectar el funcionamiento del canal [8].

1.1.3.9.6 Compuerta

Es un dispositivo (generalmente metálico o de madera) que sirve para controlar, regular o impedir el acceso de agua del río al canal de conducción [8].

Canal

Es una estructura hidráulica de forma regular artificialmente construida, que en razón de su pendiente puede conducir agua de un lugar a otro. En el caso de micro-centrales hidroeléctricas, casi siempre se trata de conductos abiertos de sección muy diversa. Tal como se aprecia en la Figura 6 [8].

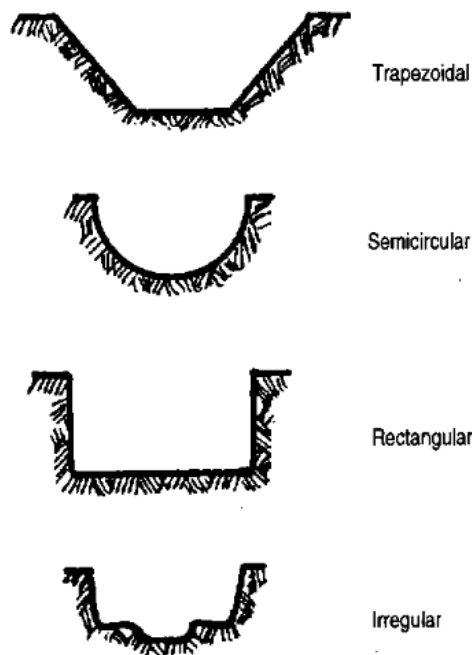


Fig. 6. Tipos de secciones de canal

Fuente: [8]

1.1.3.9.7 Vertederos o aliviaderos

Estas estructuras facilitan la evacuación de caudales de agua excedentes o superiores a los que se desea captar. Durante las crecidas los caudales excepcionales serán evacuados por los vertederos [8].

1.1.3.9.8 Desarenadores

En épocas lluviosas, los ríos acarrearán abundantes materiales sólidos, tanto de fondo como en suspensión, debido a la erosión que provocan en todo su recorrido. Por ello es importante contar con desarenadores o decantadores, particularmente en microcentrales hidroeléctricas [8].

1.1.3.9.9 Contramolera y colchón de agua

Al elevar las aguas del río para hacer posible su captación, el barrage crea alturas de carga que podrían provocar erosión en el lecho del río al momento de su caída. Su propósito fundamental es amortiguar la caída de las aguas sobre el lecho del río, protegiendo de este modo los cimientos de la toma [8].

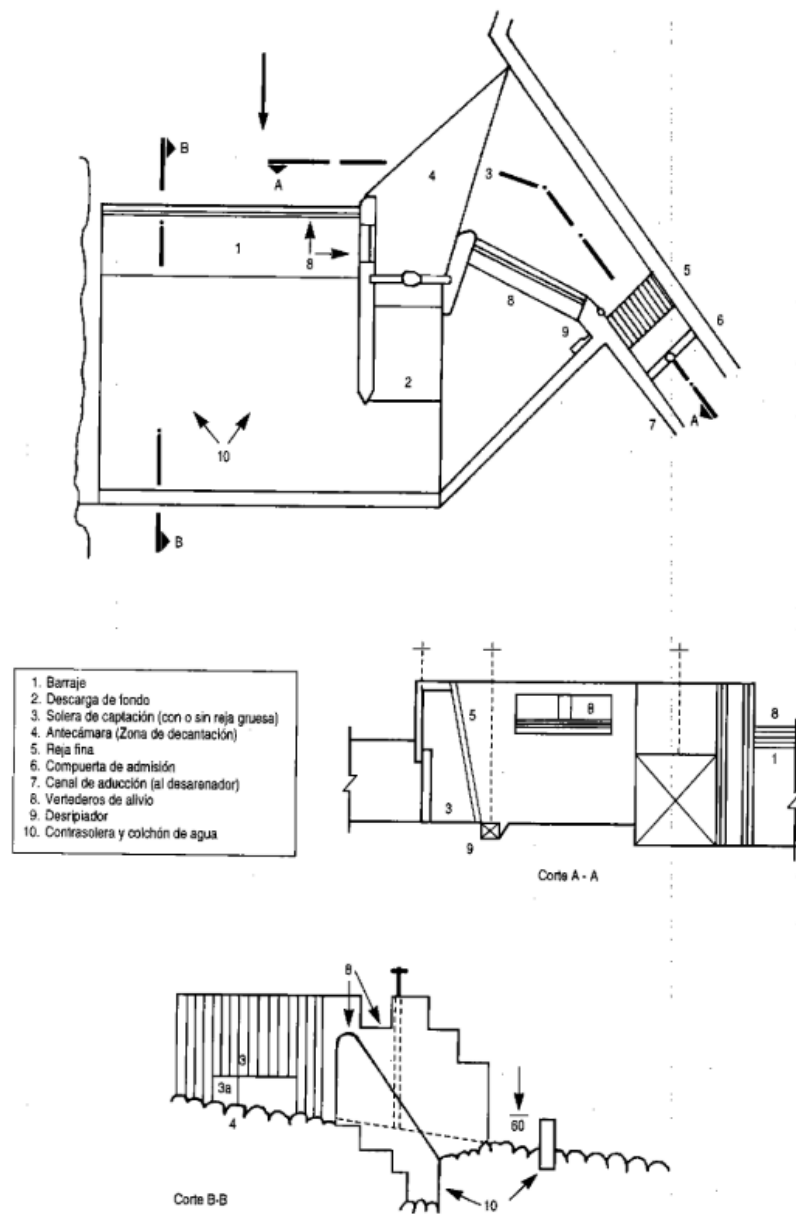


Fig. 7. Esquema de bocatoma

Fuente: [8]

1.1.3.9.10 Aliviaderos

Un aliviadero es un tipo de vertedor. Se llama vertedor a un dispositivo hidráulico que consiste en una escotadura a través de la cual se hace circular el agua. [8]

Los aliviaderos son estructuras de regulación y de protección que sirven para evacuar caudales de demasías o caudales superiores a los del diseño. El aliviadero debe devolver el exceso de agua al río [8].

El aliviadero (Figura 8) se combina con las compuertas de control (A, C, B) para el desagüe del mismo. Es recomendable construir otros aliviaderos a intervalos de 100 m

a lo largo de todo el canal principal, así como tener desagües para conducir el agua de rebose lejos de la base del canal [8].

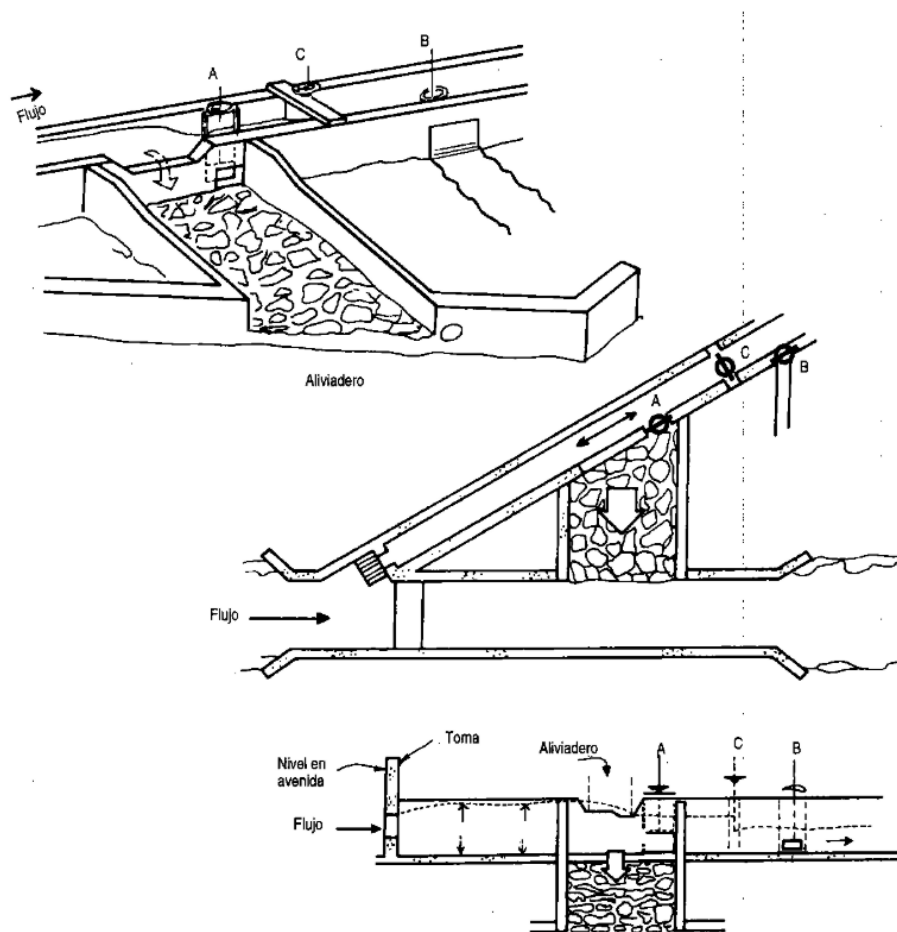


Fig. 8. Aliviadero y compuertas de control

Fuente: [8]

1.1.3.9.11 Desarenadores y cámara de carga

El agua captada del río y conducida a la turbina transporta pequeñas partículas de materia sólida en suspensión compuesta de materiales abrasivos (como arena) que ocasionaron el rápido desgaste de los álabes de la turbina. En los desarenadores la velocidad del agua es reducida con el objeto de que las partículas de arena o piedras se asienten en el fondo. [8]

La Figura 9 muestra una cámara de carga, y la Figura 10 muestra un diseño simple de un desarenador a la entrada del canal. Ambos depósitos deben cumplir estos cinco principios importantes:

Deben tener una longitud y un ancho adecuados para que los sedimentos se depositen, sin ser demasiado voluminosos o caros.

Deben permitir una fácil eliminación de los depósitos.

La eliminación de los sedimentos a través de la compuerta debe hacerse para evitar la erosión del suelo que rodea y soporta la base de la tubería y depósito.

Se debe impedir la turbulencia del agua causada por cambios de área o recodos que harían los sedimentos pasen hacia la tubería de presión.

Tener capacidad suficiente para permitir la acumulación de sedimentos [8].

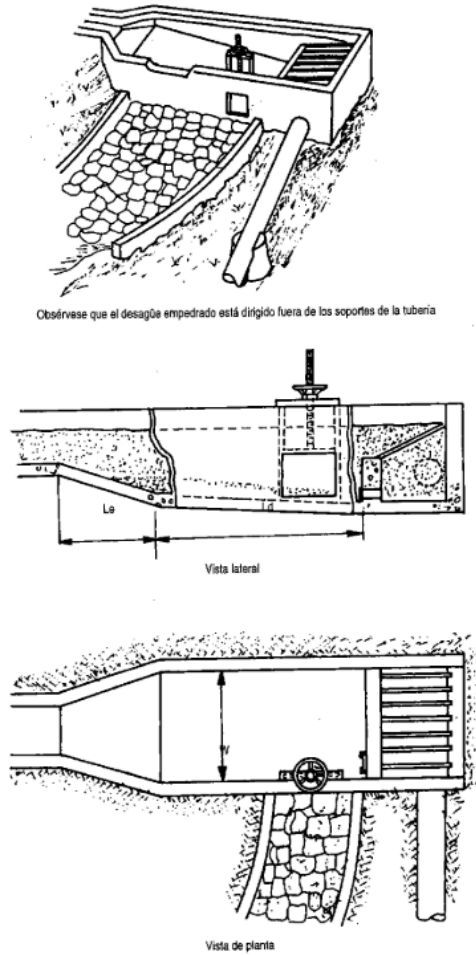


Fig. 9. Esquema cámara de carga

Fuente: [8]

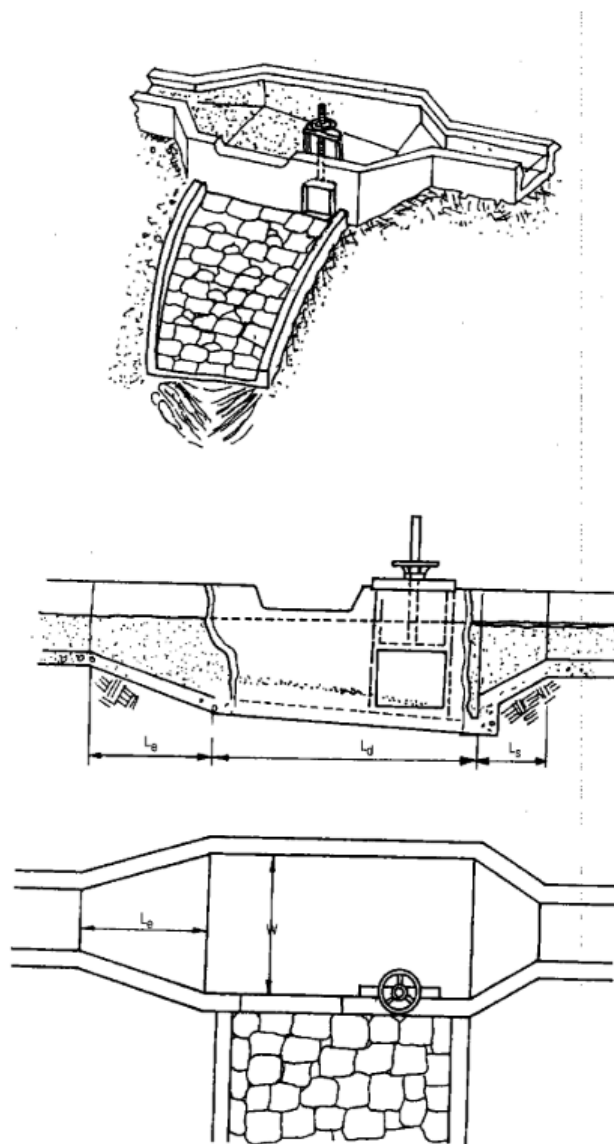


Fig. 10. Esquema de un desarenador

Fuente: [8]

1.1.3.10 Canales

Es posible adecuar diferentes tipos de canales (Figura 11), como:

- Canal de tierra sin revestimiento
- Canal de tierra con sello o revestimiento
- El “sellado” o revestimiento se refiere a la aplicación de una capa delgada de material que no agrega resistencia estructural; pero sirve para reducir la fricción y filtración.

- Canal de mampostería o concreto
- Acueductos: hechos de planchas de acero galvanizado, madera o tubos cortados por la mitad [8].

El tipo y el material del canal determina los tres factores básicos que deciden la pendiente y las dimensiones de este. [8].

1.1.3.10.1 Sección y ángulo del talud del canal

El flujo de agua en un canal hecho de material suelto -como suelo arenoso- hará que las paredes se desmoronen hacia adentro, a menos que los lados estén inclinados ligeramente y el ancho del canal esté en relación a su profundidad [8].

1.1.3.10.2 Velocidad del agua “v”

El flujo de agua excesivamente rápido erosionará las paredes de un canal, mientras que velocidades demasiado bajas permitirán el depósito de sedimento y la obstrucción del mismo [8].

1.1.3.10.3 Rugosidad “n”

Cuando el agua pasa por el canal, pierde energía en el proceso de deslizarse por las paredes y el lecho. Mientras más rugoso es el material del canal, hay más pérdida de fricción y mayor será la pendiente o desnivel que se requerirá entre la entrada y la salida del canal [8].

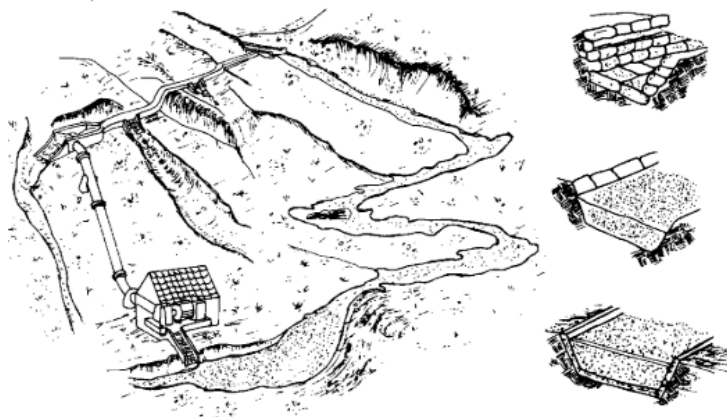


Fig. 11. Canales de diferentes tipos

Fuente: [8]

1.1.3.11 Tuberías de Presión

Son tuberías que transportan agua bajo presión hasta la turbina. En la Figura 12 se aprecian los principales componentes de una estructura de tubería de presión.

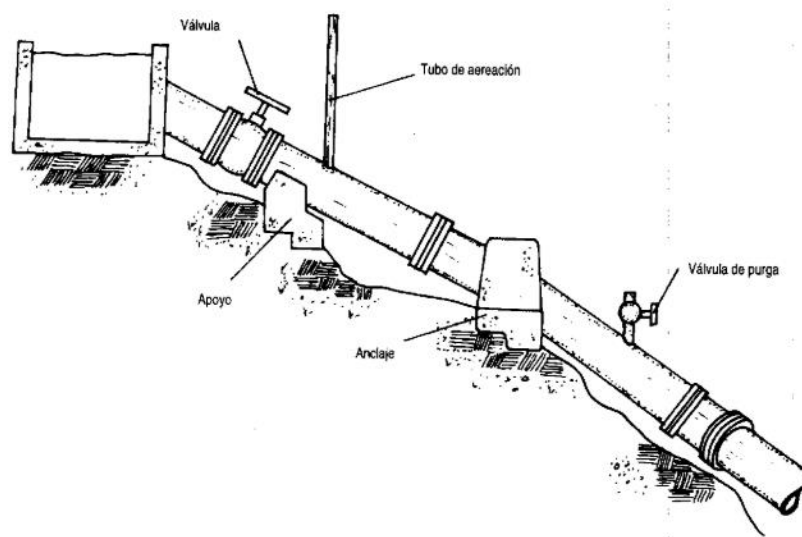


Fig. 12. Componentes de una tubería de presión

Fuente: [8]

1.1.3.11.1 Tipos de uniones de tuberías

1.1.3.11.2 Uniones con bridas

Al fabricar las tuberías individuales se colocan bridas en sus extremos y después cada una de las bridas es empernada a la otra durante la instalación. Se necesita poner una empaquetadura de caucho entre cada par de bridas [8].

1.1.3.11.3 Espiga y campana

Las uniones de espiga y campana vienen preparadas de fábrica, de manera que el diámetro interno de la campana es igual al diámetro externo de la tubería. El extremo de cada tubería puede así ser empujado en la campana de la siguiente [8].

1.1.3.11.4 Uniones mecánicas

Las uniones mecánicas rara vez son usadas en las tuberías de presión debido a su costo. Su principal aplicación es para unir tuberías de diferente material (p. ej. Acero y PVC) [8].

1.1.3.11.5 Uniones soldadas

Se emplea uniones soldadas en tuberías de acero y apelando a técnicas especiales en el caso de las de polietileno [8].

1.1.3.12 Válvulas para tuberías de presión

Las válvulas controlan el paso de agua en la tubería de presión y las hay de diferentes tipos. Para el caso de la microcentrales hidráulicas nos limitaremos tan solo a las válvulas de compuerta y de mariposa. Por lo general, las válvulas están instaladas inmediatamente antes de la turbina, pero en ciertos casos se encuentran a la entrada de la tubería de presión [8].

1.1.3.12.1 Válvula de compuerta

Una válvula de compuerta consiste básicamente de un disco metálico que sube y baja a voluntad y que está ubicado en el cuerpo de la válvula. A presiones elevadas o con válvulas de gran diámetro se precisa de una fuerza importante para operarlas y vencer las fuerzas de fricción en la válvula (Figura 13) [8].

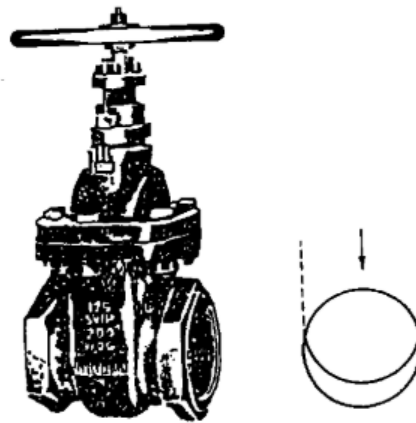


Fig. 13. Válvula de compuerta

Fuente: [8]

1.1.3.12.2 Válvula de mariposa

Básicamente se trata de una extensión de la tubería dentro de la cual se coloca un disco en forma de lente montado en un eje central. Para operar este tipo de válvulas se requiere de poca fuerza, ya que la presión de contra corriente en cada mitad del disco está prácticamente balanceada (Figura 14) [8].

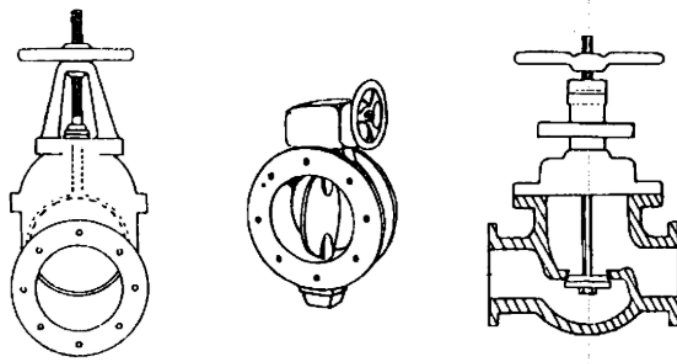


Fig. 14. Válvulas de mariposa con diferentes mecanismos de apertura y cierre

Fuente: [8]

1.1.3.13 Apoyos y anclajes para tuberías de presión

Los pilares de soporte, los anclajes y los bloques de empuje cumplen la misma función básica: dar el peso necesario para contrarrestar las fuerzas de los fluidos que podrían hacer que la tubería se mueva y corra peligro de romperse [8].

El soporte de tubería sostiene el peso de esta y del agua que contiene. Los anclajes sirven para mantener en tierra a la tubería, así como para fijarla y evitar los movimientos laterales. Los soportes tienen que ser construidos sobre el suelo firme y no en un relleno. La superficie de contacto del apoyo con el suelo de cimentación debe estar calculada para soportar el peso sin exceder el límite de capacidad de resistencia del suelo (Figura 15) [8].

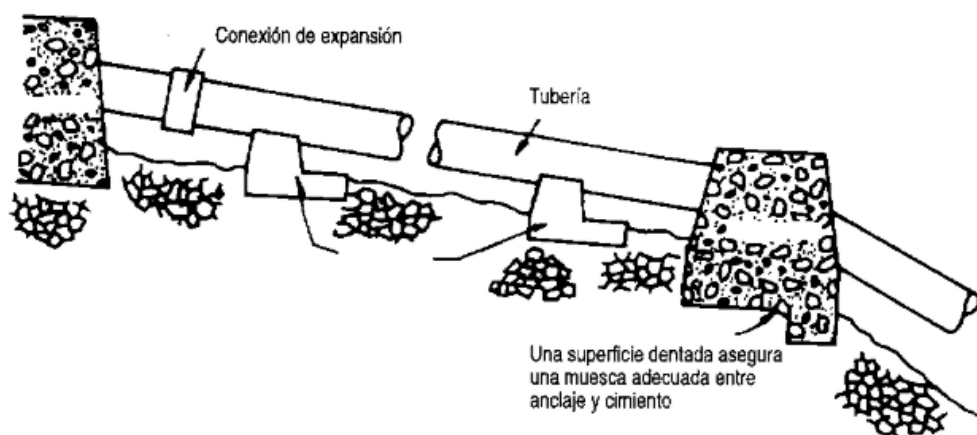


Fig. 15. Apoyos y anclajes para tuberías de presión

Fuente: [8]

1.1.3.14 Turbinas Hidráulica

La turbina hidráulica es el elemento clave de la minicentral. Aprovecha la energía cinética y potencial que contiene el agua, transformándola en un movimiento de rotación, que transferido mediante un eje al generador produce energía eléctrica. Las turbinas hidráulicas se clasifican en dos grupos: turbinas de acción y turbinas de reacción [17].

1.1.3.14.1 Turbinas De Acción

Son aquellas que aprovechan únicamente la velocidad del flujo de agua para hacerlas girar. El tipo más utilizado es el denominado turbina Pelton, aunque existen otros como la Turgo con inyección lateral y la turbina de doble impulsión o de flujo cruzado, también conocida por turbina Ossberger o Banki-Michell [17].

1.1.3.14.2 Pelton

Esta turbina se emplea en saltos elevados que tienen poco caudal. Está formada por un rodete (disco circular) móvil con álabes (cazoletas) de doble cuenco. El chorro de agua entra en la turbina dirigido y regulado por uno o varios inyectores, incidiendo en los álabes y provocando el movimiento de giro de la turbina.

La potencia se regula a través de los inyectores, que aumentan o disminuyen el caudal de agua. En las paradas de emergencia se emplea un deflector que dirige el chorro directamente al desagüe, evitando el embalamiento de la máquina. Esto permite un cierre lento de los inyectores, sin golpes de presión en la tubería forzada [17].

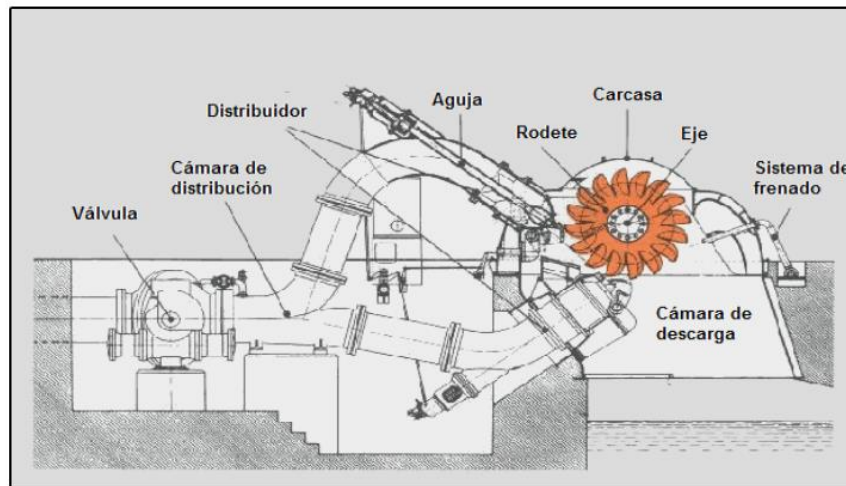


Fig. 16. Turbina Pelton

Fuente: [14]

1.1.3.14.3 Turbina de flujo cruzado

También conocida como de doble impulsión, Ossberger o Banki-Michell. Está constituida por un inyector de sección rectangular provisto de un álabe longitudinal que regula y orienta el caudal que entra en la turbina, y un rodete de forma cilíndrica, con sus múltiples palas dispuestas como generatrices y soldadas por los extremos a discos terminales. El primer impulso se produce cuando el caudal entra en la turbina orientado por el álabe del inyector hacia las palas del rodete. Cuando este caudal ya ha atravesado el interior del rodete proporciona el segundo impulso, al salir del mismo y caer por el tubo de aspiración [17].

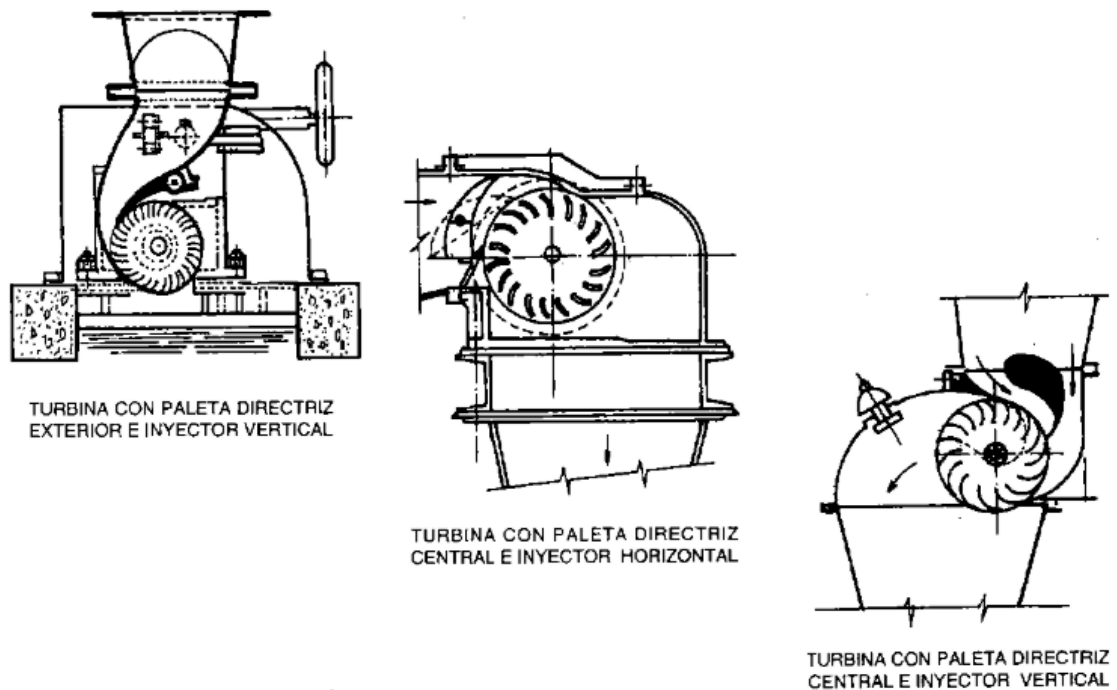


Fig. 17. Turbina Banki-Michell

Fuente: [8]

1.1.3.14.4 Turbinas De Reacción

Este tipo de turbinas cuentan con un diseño de rotor que permite aprovechar la presión que aún le queda al agua a su entrada para convertirla en energía cinética. Esto hace que el agua al salir del rotor tenga una presión por debajo de la atmosférica. Las turbinas de reacción más utilizadas son las Francis y la Kaplan [17].

1.1.3.14.5 Francis

Esta turbina se adapta muy bien a todo tipo de saltos y caudales, y cuenta con un rango de utilización muy grande. Se caracteriza por recibir el fluido de agua en dirección radial, y a medida que ésta recorre la máquina hacia la salida se convierte en dirección axial.

El rendimiento de las turbinas Francis es superior al 90% en condiciones óptimas de funcionamiento. Permite variaciones de caudales entre el 40% y el 105% del caudal de diseño, y en salto entre 60% y el 125% del nominal [17].

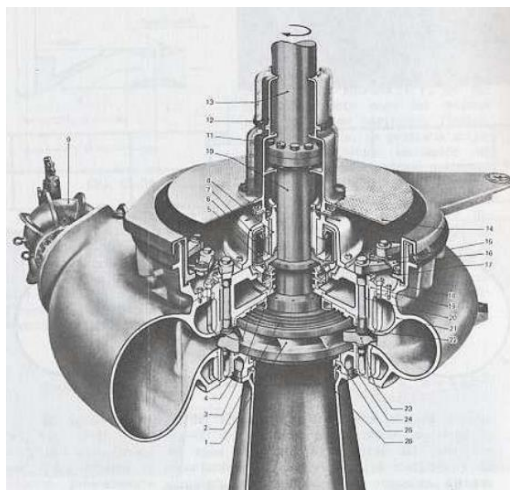


Fig. 18. Turbina Francis

Fuente: [14]

1.1.3.14.6 Turbinas Hélice; Semikaplan y Kaplan

Las instalaciones con turbina hélice se componen básicamente de una cámara de entrada abierta o cerrada, un distribuidor fijo, un rodete con 4 o 5 palas fijas en forma de hélice de barco y un tubo de aspiración [17].

Las turbinas Kaplan y Semikaplan son variantes de la Hélice con diferentes grados de regulación. Ambas poseen el rodete con palas ajustables que les proporciona la posibilidad de funcionar en un rango mayor de caudales [17].

La turbina Kaplan incorpora un distribuidor regulable que le da un mayor rango de funcionamiento con mejores rendimientos, a cambio de una mayor complejidad y un coste más elevado [17].

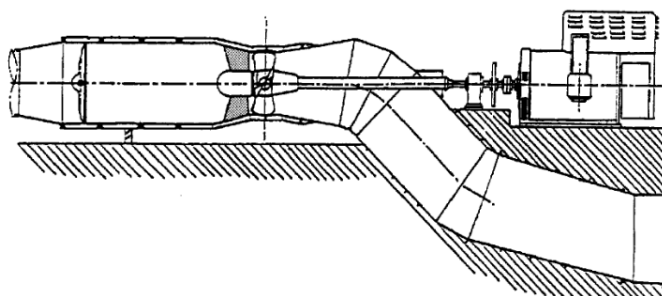


Fig. 19. Turbina Francis

Fuente: [18]

1.1.4 Hipótesis

Es factible diseñar una pequeña central hidroeléctrica en el canal de riego Ambato – Huachi – Pelileo en la Provincia de Tungurahua en el tramo +0.00 km hasta +4.24 km.

1.2 Objetivos

1.2.1.1 Objetivo General

Diseñar una pequeña central hidroeléctrica en el Canal de Riego Ambato – Huachi – Pelileo en la Provincia de Tungurahua, en el tramo +0.00 km hasta +4.24 km.

1.2.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas e hidráulicas de los módulos de riego Ambato – Huachi – Pelileo que se encuentre el tramo +0.00 km hasta +4.24 km.
- Determinar el potencial energético bruto del módulo más favorable del canal de riego Ambato – Huachi – Pelileo que se encuentre en el tramo +0.00 km hasta +4.24 km.
- Diseñar la obra civil de una Pequeña Central hidroeléctrica para módulo seleccionado.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2 Materiales

- Estación Total modelo Trimble M3
- GPS
- Molinete modelo DMM-4000
- Software AutoCad Civil 3D

2.1.1 Métodos

Para la elaboración del proyecto se basó en los siguientes lineamientos de investigación.

2.1.1.1 Método descriptivo

Busca determinar las propiedades hidráulicas y sus respectivas características por medio de fórmulas y ecuaciones permitiendo conocer el comportamiento del fluido durante el trayecto del canal.

2.1.1.2 Método Experimental

Los datos obtenidos en el campo de estudio son las mediciones, velocidades y caudales con el propósito de experimentar para aplicar los cambios de la variable independiente, causada por diferentes características físicas del canal como el coeficiente de rugosidad, pendiente y su sección geométrica.

2.1.1.3 Método Explicativa

Se dio a conocer la hidrogenación como una fuente de aprovechamiento energético renovable, con un bajo impacto ambiental para la zona del estudio y su rendimiento óptimo.

2.1.2 Plan de recolección de datos

2.1.2.1 Recolección de datos Topográficos

Se realiza un levantamiento topográfico de los módulos en la abscisa 0+140 kilómetros (Módulo 1) con las coordenadas 761103.02 E y 9855920.55 N con una cota de 2946

msnm., abscisa 0+380 kilómetros (Módulo 2) con las coordenadas 761090.34 E y 9855687.74 N con una cota de 2940 msnm., abscisa 1+340 kilómetros (Módulo 3) con las coordenadas 761767.94 E y 9855446.11 N con una cota de 2940 msnm., abscisa 2+240 kilómetros (Módulo 4) con las coordenadas 762372.27 E y 9854995.34 N con una cota de 2938 msnm., abscisa 3+800 kilómetros (Módulo 5) con las coordenadas 762807.33 E y 9854264.67 N con una cota 2936 msnm., correspondientes a cada módulo en el tramo de estudio. Obteniendo así la geometría del canal y de los módulos.

2.1.3 Recolección de Velocidades

Para obtener los datos hidráulicos se procedió a medir la velocidad del caudal de canal antes y después de las acometidas correspondientes a cada módulo. La diferencia de las medidas será el caudal destinado para los módulos. Del módulo óptimo elegido se obtendrá una velocidad promedio a través de mediciones realizadas en la mañana y en la tarde durante cuatro días. Las mediciones de velocidades hidráulicas en el canal Ambato- Huachi- Pelileo se hicieron con el molinete modelo DMM-4000/PFT, que arroja datos de velocidad que posteriormente serán registrados manualmente por el operario.

Para obtener los datos se divide el canal en sentido trasversal, con la ayuda de un tablero se procederá a una distribución equitativamente para ubicar el trípode en cada sección señalada.

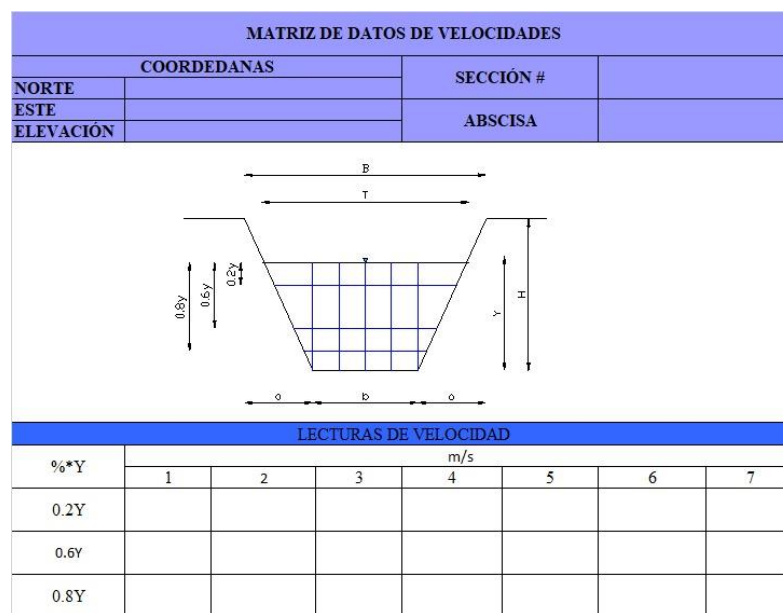


Fig. 20. Matriz de datos de Velocidades

Autor: Rodrigo Naula

2.1.4 Plan de procesamiento y análisis de Información

2.1.4.1 Plan de procesamiento

Para el proceso y análisis de la información se procederá a un esquema de trabajo de 2 etapas con el fin de determinar los datos necesarios para el proyecto de investigación, a continuación, detallaremos.

Primera etapa: Topográfico

Realizar una inspección del tramo a tratarse, para ubicar y detallar los módulos existentes.

- a) Georreferenciar el punto inicial, final del tramo de estudio, módulos existentes y el aliviadero, esto se realizará con el GPS marca Garmin.
- b) Determinar el tramo adecuado y realizar el levantamiento topográfico: detallar el canal, camino, relieve del terreno, infraestructura existente del aliviadero: desarenador, compuertas de regulador de caudal y las piscinas de regulador de presión.

Segunda etapa: Hidráulico

Para esta etapa se determinó el sitio del proyecto y sus características topográficas, los datos hidráulicos se obtienen calculando la velocidad del caudal de canal antes y después de las acometidas correspondientes a cada módulo

Para la toma de datos del área hidráulica se debe realizar divisiones al largo de sección transversal del canal en franjas verticales con una separación equidistante, se procederá a medir el calado de caudal y en campo determinar la altura de 20, 60 y 80% de la profundidad del flujo del canal. La medición de velocidades con el molinete hidráulico, serie DMM 4000/PFT se basa en calcular la velocidad según el número de revoluciones causa por el giro del aspa al momento de sumergir el equipo, tomar 3 datos cada 10 segundos y anotar en la hoja de registro.

2.1.4.1.1 Plan de Análisis

El análisis de los datos obtenidos in situ tendrá dos etapas de análisis.

Primera etapa

Los datos generados por los equipos topográficos se procesarán mediante el programa de AutoDesk AUTO CAD Civil 3D, dichos datos se importarán desde una tabla de datos a Civil 3D, la cuales posee información de coordenadas, cotas y descripción de puntos.

a) Se determinará una polilínea para la trayectoria del canal obteniendo el plano georreferenciado a través del perfil longitudinal. Se obtendrá la sección transversal del canal y de los módulos.

b) Configuramos el archivo en coordenadas UTM WGS84 e importamos todos puntos del levantamiento, creamos una polilínea para unir todos puntos, creamos la superficie topográfica con un desnivel de 1 metro cada para conseguir lo diferentes desniveles para determinar entorno de canal, camino, perfil topográfico, infraestructura del aliviadero.

Segunda Etapa.

- a) Realizamos un archivo de Excel para registrar los datos de velocidad obtenidos con el molinete, para analizar y determinar caudal promedio a una altura.
- b) Ya determinado el caudal que se desvía para el aliviadero, se procede a comprobar si la infraestructura existente sirva para el proyecto tales como: tubería de conducción hacia la cámara de carga, cámara de carga.
- c) Calcular el diámetro de tubería de conducción y presión hacia el cuarto de máquinas del proyecto.
- d) Selección de turbina.

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Plan de recolección de datos

3.1.1 Descripción del objetivo en estudio

EL estudio se realiza en el sector de Huachi La Libertad perteneciente a la Parroquia Huachi Grande del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. Se analiza el aprovechamiento hidroenergético del afluente del canal en el tramo +0.00 kilómetros a 4.3 kilómetros comprendido entre los sectores Huachi La Libertad y Manzana de Oro. En la Fig. 21. se detallan los módulos existentes en el tramo +0.00 kilómetros a 4.3 kilómetros.

Tabla 3. Georreferenciar

ABSCISA	ESTE	NORTE	DESCRIPCIÓN
0+000	761103.02	9855920.55	PUNTO INICIAL-ESTACIÓN DE BOMBEO DE SAN JOSÉ EMAPA
0+140	761021.55	9855811.23	ESTRUCTURA MIXTA MÓDULO 1-ALIVIADERO
0+380	761090.34	9855687.74	MÓDULO 2
1+340	761767.94	9855446.11	MÓDULO 3
2+200	762372.27	9854995.34	MÓDULO 4
3+800	762807.33	9854264.67	MÓDULO 5
4+240	762581.04	9854100.87	PUNTO FINAL DEL CANAL

Realizado por: Rodrigo Naula

El canal de riego Ambato-Huachi-Pelileo recorre algunas zonas rurales de la provincia de Tungurahua, permitiendo distribuir el recurso hídrico por medio de módulos en varias zonas agrícolas dedicadas a huertos frutales. El canal está compuesto por un acceso vial de 5 metros en toda su extensión, existe una infraestructura de desvío para cada módulo, compuesta de compuertas reguladoras desde el canal hacia el módulo de salida.

El módulo es una estructura que permite conducir y distribuir el caudal a cierta área de territorio agrícola por lo tanto detallaremos un mapa la ubicación de los módulos en el tramo de estudio de canal. Ver Anexo 2. Mapa de ubicación.

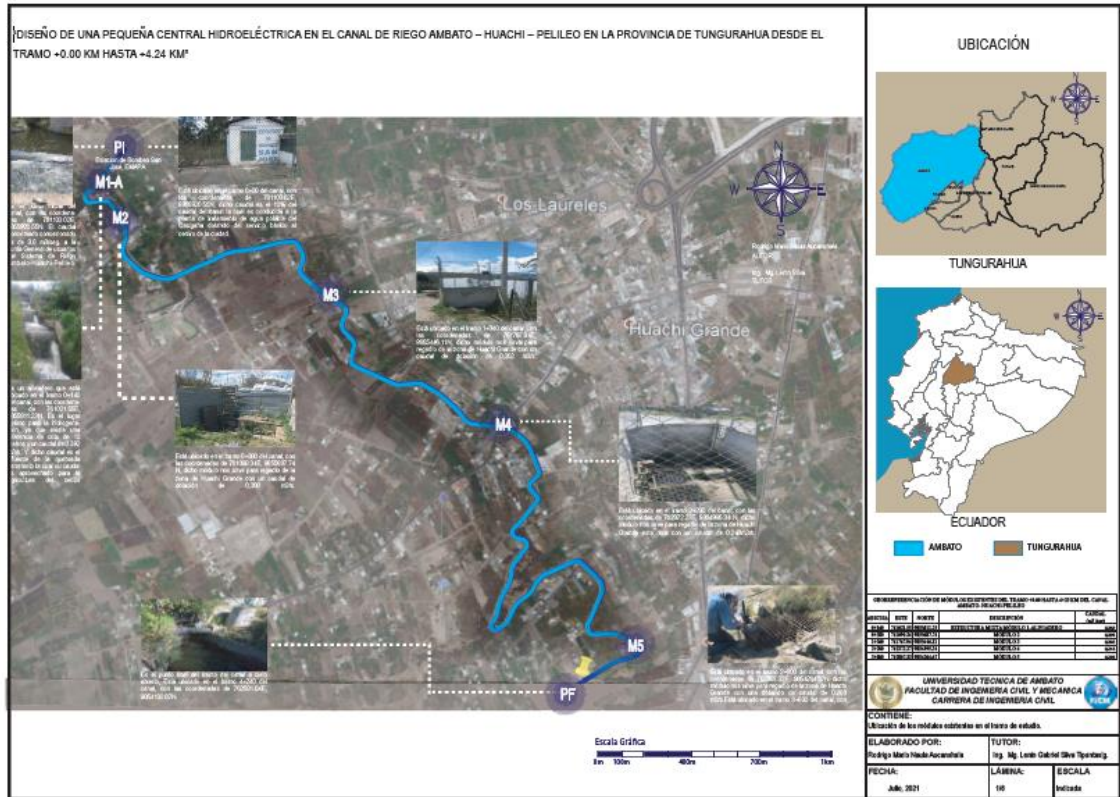


Fig. 21. Mapa de ubicación

Realizado por: Rodrigo Naula

3.2 Datos topográficos

3.2.1 Perfil longitudinal

El tramo analizado inicia en el kilómetro 0+00 y culmina en las abscisas kilómetro 4+24, se describen los lugares donde se tomaron la medición de caudales y velocidades, así como puntos de coordenadas para ubicar los puntos exactos, también se midieron la cota del terreno, cota en el fondo del canal y el valor del tirante, se puede visualizar en Anexo 1.

Canal y sección transversal

El canal tiene una sección trapezoidal con una base menor de 1.35 metros, base mayor de 3.05 metros y una altura de 1.95 metros en la cual el calado del caudal tiende a ser de 1.40 metros.

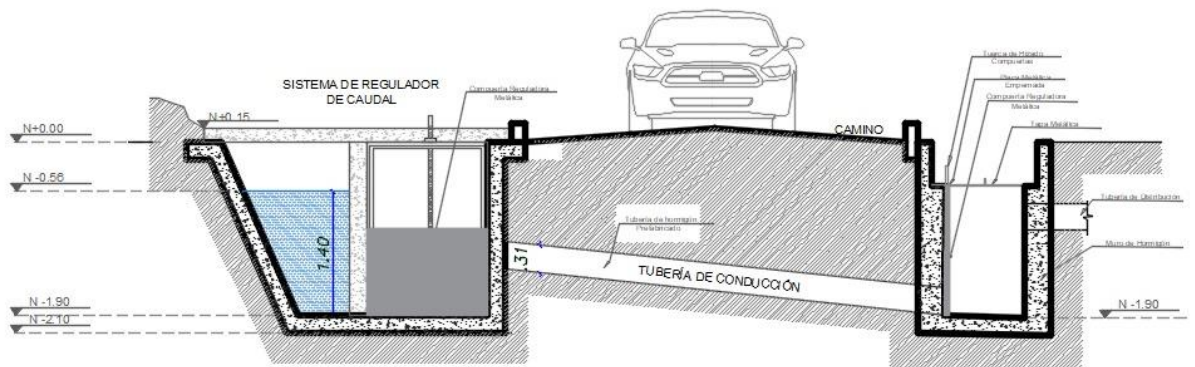


Fig. 22. Sección Transversal del canal

Realizado por: Rodrigo Naula

3.2.1.1 Datos topográficos Módulo 1

En el tramo 0+140 km se encuentra el primer módulo con un caudal de 0,339 m³/s se desfoga por una estructura de piscinas que permite reducir la presión del agua hacia la parte inferior. La primera piscina se encuentra a una altura de -4.20 metros con referencia al nivel del puente y el camino existente. La segunda piscina se encuentra a una altura de -5.50 metros. La tercera a -7.50 metros y la última a -9.50 metros. El caudal se desfoga por dos vertederos en la pared frontal del aliviadero de diámetro 0.20 metros y por la cresta de la pantalla del vertedero en todas las piscinas. Ver Anexo 7.

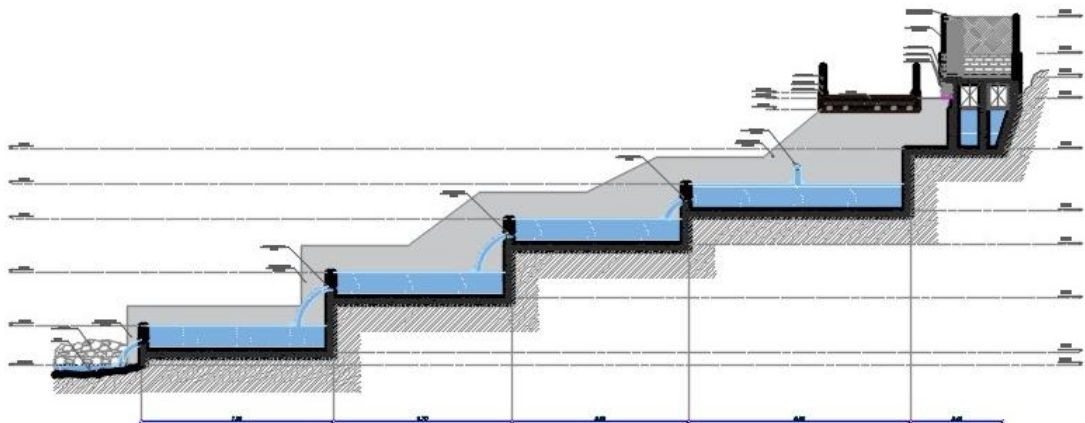


Fig. 23. Sección Transversal Módulo 1 - Aliviadero

Realizado por: Rodrigo Naula

3.2.1.2 Datos topográficos Módulo 2

El módulo 2 está ubicado en la abscisa 0+380 kilómetros con las siguientes coordenadas 761090.34 E y 9855687.74 N, conformado de una compuerta reguladora del caudal desde el canal hacia el módulo. El módulo está comprendido por una tubería de entrada regulada por una compuerta. Ver Anexo 2.

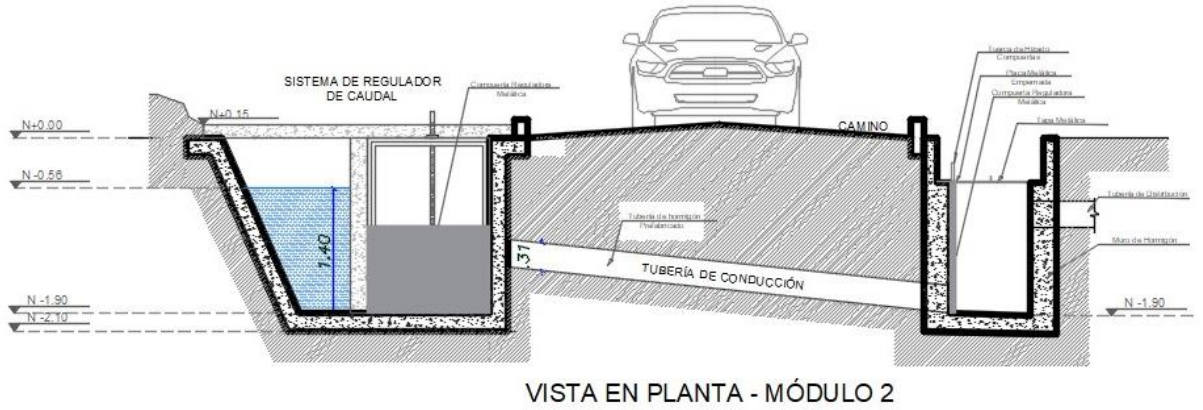


Fig. 24. Sección Transversal Módulo 2

Realizado por: Rodrigo Naula

3.2.1.3 Datos topográficos Módulo 3

El módulo 3 está ubicado en la abscisa 1+340 kilómetros con las siguientes coordenadas 761767.94 E y 9855446.11 N, conformado de tubería de entrada, compuerta reguladora de caudal desde el canal hacia el módulo y submódulos repartidores. Ver Anexo 3.

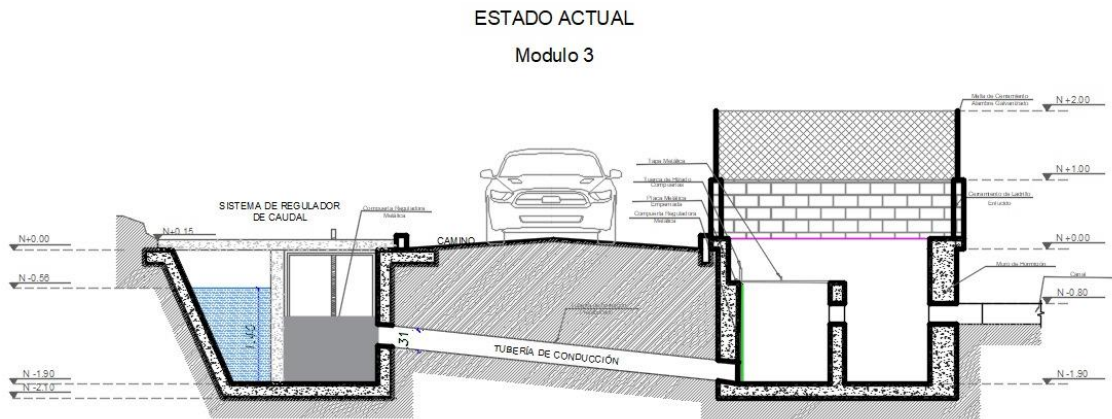


Fig. 25. Sección Transversal Módulo 3

Realizado por: Rodrigo Naula

3.2.1.4 Datos topográficos Módulo 4

El módulo 4 está ubicado en la abscisa 2+200 kilómetros con las siguientes coordenadas 762372.27E y 9854995.94 N y transversal a la calle Alaska. Está conformado de tubería de entrada, compuerta reguladora de caudal desde el canal hacia el módulo y submódulos repartidores. Ver Anexo 4.

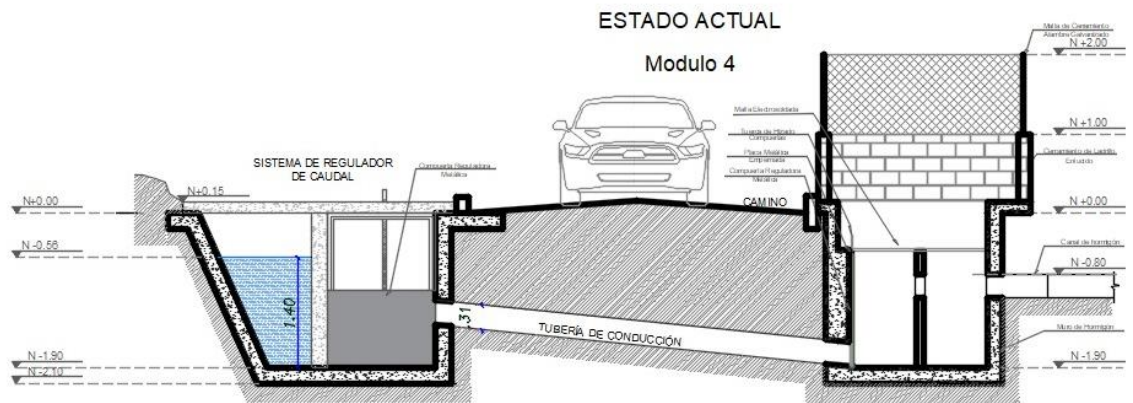


Fig. 26. Sección Transversal Módulo 4

Realizado por: Rodrigo Naula

3.2.1.5 Datos topográficos Módulo 5

El módulo 5 está ubicado en la abscisa 3+800 kilómetros con las siguientes coordenadas 762807.33 E y 9854264.67 N y transversal a la calle Alaska. Está conformado de tubería de entrada y compuerta reguladora de caudal desde el canal hacia el módulo.

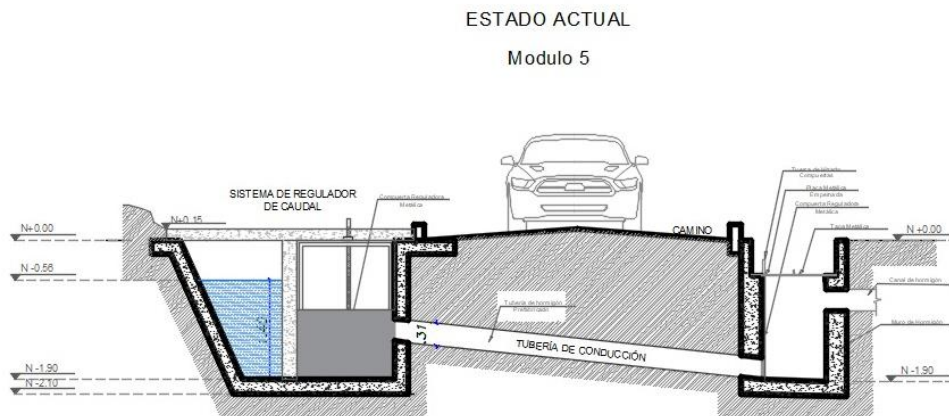


Fig. 27. Sección Transversal Módulo 5

Realizado por: Rodrigo Naula

3.3 Datos de velocidades

3.3.13. Secciones transversales, cálculo de velocidades medias y caudales medios

Los valores de velocidades puntuales a 0.2, 0.6, y 0,8 se muestran en la Figura 28. Los datos fueron tomados con el molinete en cada sección transversal antes y después de los módulos identificados en el tramo de estudio.

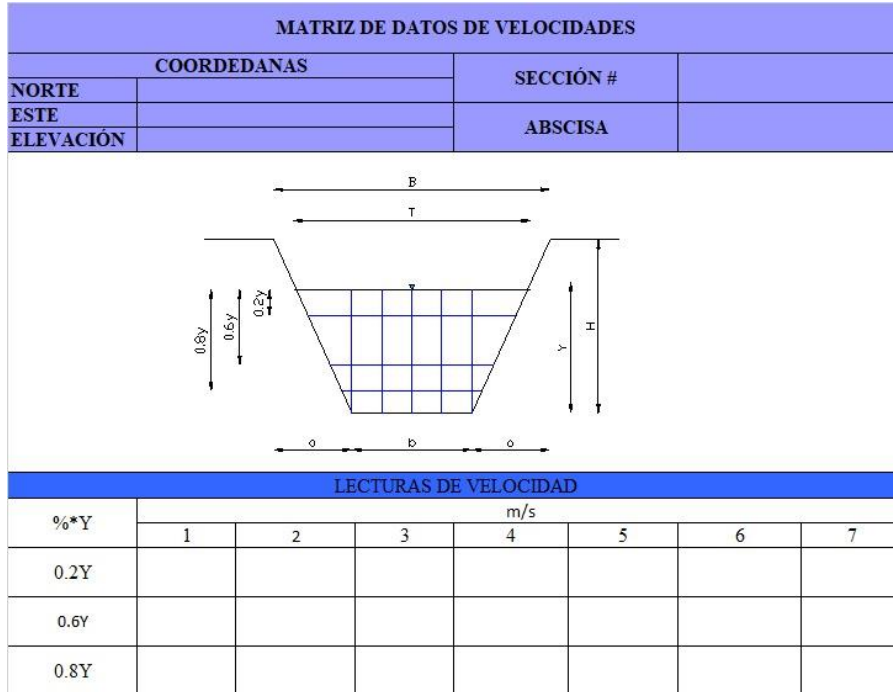


Fig. 28. Matriz de datos de velocidades del canal sección 1

Realizado por: Rodrigo Naula

3.3.1.1 Cálculo de velocidades medias y caudales medios

Los datos de velocidad se obtuvieron in- situ con el molinete DMM-4000/PFT, que está diseñado para medir velocidades. Las aspas giran de acuerdo a la velocidad del flujo, con una velocidad máxima de 15 m/s.



Fig. 29. Toma de datos en canal de riego

Realizado por: Rodrigo Naula



Fig. 30. Molinete DM-4000

Fuente: Cálculo de flujo gradualmente variado

Para medir las profundidades y el ancho del canal se utilizó un tablero de madera para dividir las franjas del canal, fue colocado sobre el canal y con una regleta graduada se midieron las velocidades en las diferentes alturas. La Figura 31 y Figura 32 muestran el esquema para las mediciones de velocidad puntuales en cada franja.

Caudal medio

El caudal medio se calculó por 2 métodos:

Primer método: Se calcularon las profundidades promedio para los calados verticales a 0.2Y y 0.8Y. Se multiplica por las respectivas velocidades parciales y por el ancho de la franja dando como resultado un caudal parcial. Finalmente se suman los caudales parciales de 0.2Y y 0.8Y. Obteniendo así, un caudal para cada sección.

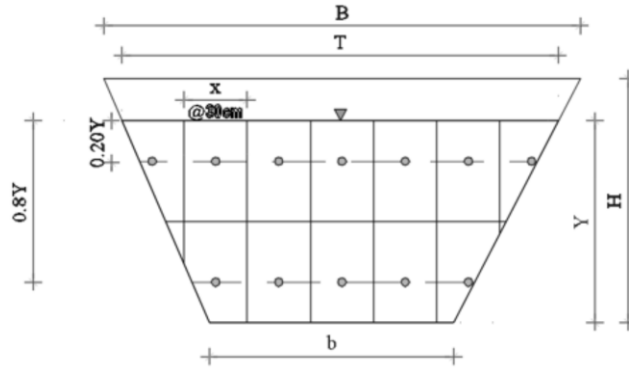


Fig. 31. Esquema de áreas a 0.2Y y 0.8Y para cálculo de velocidad

Elaborado por: Rodrigo Naula

Para el segundo método, se buscó un valor promedio para las profundidades de 0.6Y. Se multiplicó por las velocidades parciales y por el ancho de la franja, determinando así el caudal parcial. Por último, se suma los caudales parciales y obtenemos el valor de caudal para cada sección.

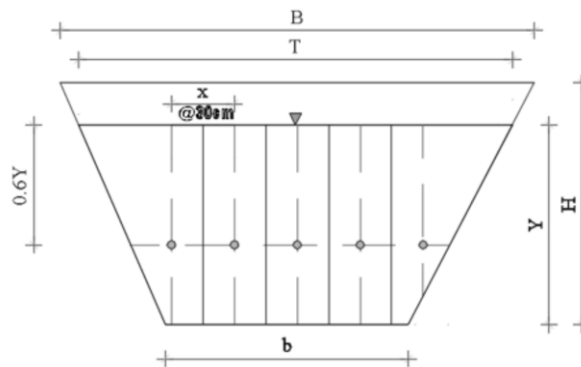


Fig. 32. Esquema de áreas a 0.6Y para cálculo de velocidad

Realizado por: Rodrigo Naula

Velocidad media

La velocidad media de una sección transversal se calcula dividiendo el caudal total para el área mojada del canal [5].

$$V_m = \frac{QT}{Am} \quad (1)$$

Donde:

V_m =velocidad media del canal m/s

QT =Caudal total m³/s

A_m =Área mojada m²

3.3.1.2 Datos de velocidades del canal

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	1		
NORTE	9.855.817,460			ABSCISA	0+120		
ESTE	761.020,620						
ELEVACIÓN	2946						
<p style="text-align: center;">Sección 1</p> <p style="text-align: center;">B=3.09 T=2.59</p> <p style="text-align: center;">H=1.96 Y=1.40</p> <p style="text-align: center;">α=0.88 b=1.34 α=0.88</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,23	1,56	1,65	1,52	1,29		
0.6Y		1,58	1,55	1,73			
0.8Y		1,14	1,54	1,55			

Tabla 4. Sección 1 antes de Módulo 1

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 5. Sección 2 después de Módulo 1

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	2		
NORTE	9.855.812,224			ABSCISA	0+140		
ESTE	761.025,722						
ELEVACIÓN	2.945,324						
<p>Sección 2</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,23	1,16	1,28	1,11	1,16		
0.6Y		1,04	1,38	1,35			
0.8Y		1,08	1,01	1,07			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 6. Sección 3 antes del Módulo 2

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	3		
NORTE	9.855.693,320			ABSCISA	0+370		
ESTE	761.084,340						
ELEVACIÓN	2946						
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,52	1,56	1,53	1,45	1,37		
0.6Y		1,50	1,55	1,52			
0.8Y		1,35	1,54	1,55			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 7. Sección 4 antes de Módulo 2

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDENADAS				SECCIÓN #	4		
NORTE	9.855.675,880			ABSCISA	0+390		
ESTE	761.094,130						
ELEVACIÓN	2.946						
<p>Sección 4</p> <p>Diagram showing a trapezoidal channel cross-section. The top width is $B=2.91$, the bottom width is $b=1.26$, and the height is $H=1.70$. The water depth is $Y=1.30$. The side slopes are indicated as $a=0.67$ on both sides. The diagram is labeled "ANTES".</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,38	1,42	1,56	1,55	1,29		
0.6Y		1,36	1,25	1,37			
0.8Y		1,12	1,34	1,22			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 8. Sección 5 antes de Módulo 3

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	5		
NORTE	9.855.449,400			ABSCISA	1+328		
ESTE	761.756,690						
ELEVACIÓN	2.940						
<p style="text-align: center;">Sección 5</p> <p style="text-align: center;">B=2.91</p> <p style="text-align: center;">T=2.69</p> <p style="text-align: center;">H=1.70</p> <p style="text-align: center;">Y=1.40</p> <p style="text-align: center;">a=0.57 b=1.55 a=0.57</p> <p style="text-align: center;">ANTES</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,44	1,56	1,61	1,59	1,36		
0.6Y		1,60	1,63	1,69			
0.8Y		1,32	1,50	1,54			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 9. Sección 6 después de Módulo 3

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	6		
NORTE	9.855.437,356			ABSCISA	1+348		
ESTE	761.772,490						
ELEVACIÓN	2.940						
<p>Sección 6</p> <p>ANTES</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,30	1,42	1,37	1,22	1,34		
0.6Y		1,42	1,39	1,37			
0.8Y		1,38	1,27	1,33			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 10. Sección 7 antes de Módulo 4

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	7		
NORTE	9.854.995,790			ABSCISA	2+201		
ESTE	762.362,030						
ELEVACIÓN	2.938						
<p style="text-align: center;">Sección 7</p> <p style="text-align: center;">B=2.91</p> <p style="text-align: center;">T=2.53</p> <p style="text-align: center;">H=1.60</p> <p style="text-align: center;">Y=1.25</p> <p style="text-align: center;">a=0.49 b=1.55 a=0.49</p> <p style="text-align: center;">ANTES</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,61	1,47	1,46	1,50	1,55		
0.6Y		1,55	1,58	1,50			
0.8Y		1,46	1,35	1,36			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 11. Sección 8 después de Módulo 4

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	8		
NORTE	9.854.989,760						
ESTE	762.380,540			ABSCISA	2+221		
ELEVACIÓN	2.938,000						
<p style="text-align: center;">Sección 8</p> <p style="text-align: center;">B=2.91</p> <p style="text-align: center;">T=2.53</p> <p style="text-align: center;">H=1.60</p> <p style="text-align: center;">Y=1.20</p> <p style="text-align: center;">a=0.49 b=1.55 a=0.49</p> <p style="text-align: center;">ANTES</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,35	1,39	1,37	1,34	1,37		
0.6Y		1,40	1,28	1,33			
0.8Y		1,41	1,39	1,33			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 12. Sección 9 antes de Módulo 5

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	9		
NORTE	9.854.270,790			ABSCISA	3+880		
ESTE	762.799,690						
ELEVACIÓN	2.936						
SECCIÓN 1							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,47	1,55	1,50	1,43	1,38		
0.6Y		1,58	1,60	1,58			
0.8Y		1,40	1,51	1,55			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 13. Sección 10 después de Módulo 5

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDENADAS				SECCIÓN #	10		
NORTE	9.854.256,530						
ESTE	762.814,180			ABSCISA	3+900		
ELEVACIÓN	2.936						
<p style="text-align: center;">SECCIÓN 1</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
% * Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,31	1,46	1,50	1,28	1,17		
0.6Y		1,37	1,44	1,40			
0.8Y		1,43	1,38	1,36			

Realizado por: Rodrigo Naula

CAUDAL PROMEDIO DE MÓDULO SELECCIONADO

Tabla 14. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 2)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	1		
NORTE	9.855.817,460						
ESTE	761.020,620			ABSCISA	0+120		
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p>Sección 1</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,28	1,58	1,56	1,61	1,30		
0.6Y		1,66	1,60	1,72			
0.8Y		1,11	1,57	1,59			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 15. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 3)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	1		
NORTE	9.855.817,460			ABSCISA	0+120		
ESTE	761.020,620						
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p>Sección 1</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,35	1,60	1,63	1,66	1,34		
0.6Y		1,60	1,63	1,69			
0.8Y		1,20	1,50	1,54			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 16. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 4)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	1		
NORTE	9.855.817,460			ABSCISA	0+120		
ESTE	761.020,620						
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p>Sección 1</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
% *Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,29	1,39	1,51	1,42	1,45		
0.6Y		1,47	1,59	1,52			
0.8Y		1,38	1,52	1,44			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 17. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 5)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	2		
NORTE	9.855.817,460			ABSCISA	0+120		
ESTE	761.020,620						
ELEVACIÓN	2.946,000						
LECTURAS DE VELOCIDAD							
% * Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,36	1,42	1,35	1,35	1,41		
0.6Y		1,47	1,58	1,50			
0.8Y		1,36	1,29	1,36			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 18. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 6)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	2		
NORTE	9.855.817,460			ABSCISA	0+120		
ESTE	761.020,620						
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p style="text-align: center;">Sección 2</p> <p style="text-align: center;">B=3.09</p> <p style="text-align: center;">T=2.63</p> <p style="text-align: center;">H=1.96</p> <p style="text-align: center;">Y=1.42</p> <p style="text-align: center;">g=0.63 b=1.34 g=0.63</p> <p style="text-align: center;">ANTES</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
% * Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,35	1,39	1,37	1,34	1,37		
0.6Y		1,58	1,68	1,51			
0.8Y		1,41	1,39	1,33			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 19. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 7)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	1		
NORTE	9.855.817,460			ABSCISA	0+120		
ESTE	761.020,620						
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p style="text-align: center;">Sección 2</p> <p style="text-align: center;">B=3.09</p> <p style="text-align: center;">T=2.63</p> <p style="text-align: center;">H=1.96</p> <p style="text-align: center;">Y=1.42</p> <p style="text-align: center;">g=0.63 b=1.34 g=0.63</p> <p style="text-align: center;">ANTES</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
% * Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,36	1,50	1,43	1,30	1,25		
0.6Y		1,26	1,71	1,29			
0.8Y		1,43	1,51	1,56			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 20. Sección 2 antes de Módulo 1 (medición 8)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	2		
NORTE	9.855.817,460			ABSCISA	0+120		
ESTE	761.020,620						
ELEVACIÓN	2.946,000						
LECTURAS DE VELOCIDAD							
% * Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,21	1,46	1,55	1,28	1,17		
0.6Y		1,28	1,94	1,63			
0.8Y		1,63	1,58	1,59			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 21. Sección 3 después de Módulo 1 (medición 9)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	3		
NORTE	9.855.810,150			ABSCISA	0+150		
ESTE	761.016,840						
ELEVACIÓN	2.946						
<p>Sección 3</p> <p>DESPUÉS</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
% * Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,23	1,16	1,28	1,11	1,16		
0.6Y		1,04	1,38	1,35			
0.8Y		1,08	1,01	1,07			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 22. Sección 3 después de Módulo 1 (medición 10)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	3		
NORTE	9.855.810,150			ABSCISA	0+150		
ESTE	761.016,840						
ELEVACIÓN	2.946						
<p>Sección 3</p> <p>DESPUÉS</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,35	1,22	1,24	1,22	1,33		
0.6Y		1,25	1,35	1,34			
0.8Y		1,28	1,15	1,12			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 23. Sección 3 después de Módulo 1 (medición 11)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDENADAS				SECCIÓN #	3		
NORTE	9.855.810,150			ABSCISA	0+150		
ESTE	761.016,840						
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p style="text-align: center;">Sección 3</p> <p style="text-align: center;">B=3.09</p> <p style="text-align: center;">T=2.59</p> <p style="text-align: center;">H=1.96</p> <p style="text-align: center;">Y=1.40</p> <p style="text-align: center;">a=0.63 b=1.34 a=0.63</p> <p style="text-align: center;">DESPUÉS</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,30	1,08	1,22	1,01	1,26		
0.6Y		1,23	1,30	1,11			
0.8Y		1,29	1,12	1,09			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 24. Sección 3 después de Módulo 1 (medición 12)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDENADAS				SECCIÓN #	3		
NORTE	9.855.810,150			ABSCISA	0+150		
ESTE	761.016,840						
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p style="text-align: center;">Sección 3</p> <p style="text-align: center;">B=3.09</p> <p style="text-align: center;">T=2.59</p> <p style="text-align: center;">H=1.96</p> <p style="text-align: center;">Y=1.40</p> <p style="text-align: center;">a=0.63 b=1.34 a=0.63</p> <p style="text-align: center;">DESPUÉS</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	0,85	1,11	1,28	1,51	1,51		
0.6Y		0,98	1,08	1,01			
0.8Y		1,05	0,99	1,18			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 25. Sección 4 después de Módulo 1 (medición 13)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	3		
NORTE	9.855.810,150			ABSCISA	0+150		
ESTE	761.016,840						
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p style="text-align: center;">Sección 4 B=3.09 T=2.59 H=1.96 Y=1.35 a=0.63 b=1.34 a=0.63 DESPUÉS</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,05	1,22	1,11	1,32	1,34		
0.6Y		1,11	1,27	1,45			
0.8Y		1,18	1,15	1,25			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 26. Sección 4 después de Módulo 1 (medición 14)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	3		
NORTE	9.855.810,150			ABSCISA	0+150		
ESTE	761.016,840						
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p style="text-align: center;">Sección 4 B=3.09 T=2.59 H=1.96 Y=1.35 a=0.63 b=1.34 a=0.63 DESPUÉS</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,20	1,28	1,19	1,33	1,21		
0.6Y		1,25	1,27	1,33			
0.8Y		1,17	1,15	1,06			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 27. Sección 4 después de Módulo 1 (medición 15)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	3		
NORTE	9.855.810,150			ABSCISA	0+150		
ESTE	761.016,840						
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p style="text-align: center;">Sección 4 B=3.09 T=2.59 H=1.96 Y=1.35 a=0.63 b=1.34 a=0.63 DESPUÉS</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
% * Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,27	1,17	1,20	1,22	1,23		
0.6Y		1,20	1,16	1,21			
0.8Y		1,35	1,15	1,21			



Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 28. Sección 4 después de Módulo 1 (medición 16)

MATRIZ DE DATOS DE VELOCIDADES							
COORDEDANAS				SECCIÓN #	3		
NORTE	9.855.810,150			ABSCISA	0+150		
ESTE	761.016,840						
ELEVACIÓN	2.946,000						
<p style="text-align: center;">Sección 4</p> <p style="text-align: center;">B=3.09</p> <p style="text-align: center;">T=2.59</p> <p style="text-align: center;">H=1.96</p> <p style="text-align: center;">Y=1.35</p> <p style="text-align: center;">a=0.63 b=1.34 a=0.63</p> <p style="text-align: center;">DESPUÉS</p>							
LECTURAS DE VELOCIDAD							
%*Y	m/s						
	1	2	3	4	5	6	7
0.2Y	1,11	1,34	1,31	1,40	1,05		
0.6Y		1,33	1,27	1,41			
0.8Y		1,28	1,15	1,32			

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 29. Resumen de caudales

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
GEORREFERENCIACIÓN DE MÓDULOS EXISTENTES DEL TRAMO +0.00 HASTA 4+23 KM DEL CANAL AMBATO-HUACHI-PELILEO					
ABSCISA	ESTE	NORTE	DESCRIPCIÓN	CAUDAL (l/seg)	
0+140	761021.55	9855811.23	ESTRUCTURA MIXTA MÓDULO 1-ALIVIADERO	392	
0+380	761090.34	9855687.74	MÓDULO 2	213	
1+340	761767.94	9855446.11	MÓDULO 3	313	
2+200	762372.27	9854995.34	MÓDULO 4	371	
3+800	762807.33	9854264.67	MÓDULO 5	215	

Realizado por: Rodrigo Naula

3.1.4.1. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS A TRAVÉS DE LAS MEDICIONES DE VELOCIDADES IN- SITU.

RESULTADOS DE LA SECCIÓN 1.

Las siguientes tablas muestran los datos de velocidades recolectadas con el molinete, corresponde a las abscisas +0.00 hasta 4+23 kilómetros, se dividió en 5 franjas (respecto al espejo de agua) en sección transversal y se tomó las lecturas de velocidades a 0.2Y, 0.6Y y 0.8Y también podemos apreciar el cálculo para el caudal tanto por el método 1 y 2.

Tabla 30. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y sección 1 antes de Módulo 1

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.2Y	1,23	1,56	1,65	1,52	1,29
	0.8Y		1,14	1,54	1,55	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,443	0,3465	0,3465	0,3465	0,443
VELOCIDAD		1,23	1,35	1,60	1,54	1,29
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,54489	0,467775	0,5526675	0,5318775	0,57147
ΣQ TOTAL		2,669				
V media		0,995				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 31. Velocidades a 0.6Y del canal sección 1 antes de Módulo 1

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.6Y	0,00	1,58	1,55	1,73	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0	0,3465	0,3465	0,3465	0
VELOCIDAD		0,00	1,58	1,55	1,73	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,54747	0,537075	0,599445	0
ΣQ TOTAL		1,684				
V media		0,628				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 32. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.2Y	1,28	1,58	1,56	1,61	1,30
	0.8Y		1,11	1,57	1,59	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,443	0,3465	0,3465	0,3465	0,443
VELOCIDAD		1,28	1,35	1,57	1,60	1,30
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,56704	0,4660425	0,5422725	0,5544	0,5759
ΣQ TOTAL		2,221				
V media		0,829				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 33. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.6Y	0,00	1,66	1,60	1,72	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0	0,3465	0,3465	0,3465	0
VELOCIDAD		0,00	1,66	1,60	1,72	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,57519	0,5544	0,59598	0
ΣQ TOTAL		1,306				
V media		0,487				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 34. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes del Módulo 2

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN N 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN N 4	FRANJA DE SECCIÓN N 5
Y	1,35					
%Y	0.2Y	1,52	1,56	1,53	1,45	1,37
	0.8Y		1,35	1,54	1,55	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,743					
a=0.4Y	0,54					
b=0.6Y	0,81					
c=0.6Y	0,81					
ÁREA		0,452	0,334125	0,334125	0,334125	0,452
VELOCIDAD		1,52	1,46	1,54	1,50	1,37
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,68704	0,486151875	0,51288188	0,5011875	0,61924
ΣQ TOTAL		2,807				
	V media	1,098				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 35. Velocidades a 0.6Y del canal antes del Módulo 2

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,35					
%Y	0.6Y	0,00	1,50	1,55	1,52	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,743					
a=0.4Y	0,54					
b=0.6Y	0,81					
c=0.6Y	0,81					
ÁREA		0	0,334125	0,334125	0,334125	0
VELOCIDAD		0,00	1,50	1,55	1,52	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,5011875	0,51789375	0,50787	0
ΣQ TOTAL		1,527				
	V media	0,597				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 36. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 2

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,3					
% Y	0.2Y	1,38	1,42	1,56	1,55	1,29
	0.8Y		1,12	1,34	1,22	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
ALTURA PROMEDIO	0,715					
a=0.4Y	0,52					
b=0.6Y	0,78					
c=0.6Y	0,78					
ÁREA		0,452	0,3146	0,3146	0,3146	0,452
VELOCIDAD		1,38	1,27	1,45	1,39	1,29
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,62376	0,399542	0,45617	0,435721	0,58308
ΣQ TOTAL		2,498				
	V media	0,977				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 37. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 2

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,3					
% Y	0.6Y	0,00	1,36	1,25	1,37	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
ALTURA PROMEDIO	0,715					
a=0.4Y	0,52					
b=0.6Y	0,78					
c=0.6Y	0,78					
ÁREA		0	0,3146	0,3146	0,3146	0
VELOCIDAD		0,00	1,36	1,25	1,37	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,427856	0,39325	0,431002	0
ΣQ TOTAL		1,252				
	V media	0,490				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 38. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 3

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.2Y	1,44	1,56	1,61	1,59	1,36
	0.8Y		1,32	1,50	1,54	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,452	0,3388	0,3388	0,3388	0,452
VELOCIDAD		1,44	1,44	1,56	1,57	1,36
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,65088	0,487872	0,526834	0,530222	0,61472
ΣQ TOTAL		2,811				
V media		1,099				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 39. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 3

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.6Y	0,00	1,60	1,63	1,69	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0	0,3465	0,3465	0,3465	0
VELOCIDAD		0,00	1,60	1,63	1,69	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,5544	0,564795	0,585585	0
ΣQ TOTAL		1,705				
V media		0,667				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 40. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 3

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.2Y	1,44	1,56	1,61	1,59	1,36
	0.8Y		1,32	1,50	1,54	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,452	0,3388	0,3388	0,3388	0,452
VELOCIDAD		1,44	1,44	1,56	1,57	1,36
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,65088	0,487872	0,526834	0,530222	0,61472
ΣQ TOTAL		2,508				
V media		0,981				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 41. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 3

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,36					
% Y	0.6Y	0,00	1,42	1,39	1,37	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
ALTURA PROMEDIO	0,748					
a=0.4Y	0,544					
b=0.6Y	0,816					
c=0.6Y	0,816					
ÁREA		0	0,32912	0,32912	0,32912	0
VELOCIDAD		0,00	1,42	1,39	1,37	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,4673504	0,4574768	0,4508944	0
ΣQ TOTAL		1,376				
V media		0,538				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 42. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 4

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,25					
% Y	0.2Y	1,61	1,47	1,46	1,50	1,55
	0.8Y		1,46	1,35	1,36	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
ALTURA PROMEDIO	0,688					
a=0.4Y	0,5					
b=0.6Y	0,75					
c=0.6Y	0,75					
ÁREA		0,452	0,295625	0,295625	0,295625	0,452
VELOCIDAD		1,61	1,47	1,41	1,43	1,55
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,72772	0,433090625	0,41535313	0,42274375	0,7006
ΣQ TOTAL		2,700				
	V media	1,056				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 43. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 4

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,25					
% Y	0.6Y	0,00	1,55	1,58	1,50	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
ALTURA PROMEDIO	0,688					
a=0.4Y	0,5					
b=0.6Y	0,75					
c=0.6Y	0,75					
ÁREA		0	0,295625	0,295625	0,295625	0
VELOCIDAD		0,00	1,55	1,58	1,50	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,45821875	0,4670875	0,4434375	0
ΣQ TOTAL		1,369				
	V media	0,535				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 44. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 4

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,2					
% Y	0.2Y	1,35	1,39	1,37	1,34	1,37
	0.8Y		1,41	1,39	1,33	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,660					
a=0.4Y	0,48					
b=0.6Y	0,72					
c=0.6Y	0,72					
ÁREA		0,452	0,297	0,297	0,297	0,452
VELOCIDAD		1,35	1,40	1,38	1,34	1,37
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,6102	0,4158	0,40986	0,396495	0,61924
ΣQ TOTAL		2,452				
V media		0,959				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 45. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 4

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,2					
% Y	0.6Y	0,00	1,40	1,28	1,33	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,660					
a=0.4Y	0,48					
b=0.6Y	0,72					
c=0.6Y	0,72					
ÁREA		0	0,297	0,297	0,297	0
VELOCIDAD		0,00	1,40	1,28	1,33	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,4158	0,38016	0,39501	0
ΣQ TOTAL		1,191				
V media		0,466				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 46. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 5

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,45					
%Y	0.2Y	1,47	1,55	1,50	1,43	1,38
	0.8Y		1,40	1,51	1,55	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
ALTURA PROMEDIO	0,798					
a=0.4Y	0,58					
b=0.6Y	0,87					
c=0.6Y	0,87					
ÁREA		0,401	0,319	0,319	0,319	0,401
VELOCIDAD		1,47	1,48	1,51	1,49	1,38
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,58947	0,470525	0,480095	0,47531	0,55338
ΣQ TOTAL		2,569				
V media		1,005				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 47. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 5

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,45					
%Y	0.6Y	0,00	1,58	1,60	1,58	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
ALTURA PROMEDIO	0,798					
a=0.4Y	0,58					
b=0.6Y	0,87					
c=0.6Y	0,87					
ÁREA		0	0,319	0,319	0,319	0
VELOCIDAD		0,00	1,58	1,60	1,58	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,50402	0,5104	0,50402	0
ΣQ TOTAL		1,518				
V media		0,594				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 48. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 5

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,39					
% Y	0.2Y	1,31	1,46	1,50	1,28	1,17
	0.8Y		1,43	1,38	1,36	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,765					
a=0.4Y	0,556					
b=0.6Y	0,834					
c=0.6Y	0,834					
ÁREA		0,401	0,3058	0,3058	0,3058	0,401
VELOCIDAD		1,31	1,45	1,44	1,32	1,17
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,52531	0,441881	0,440352	0,403656	0,46917
ΣQ TOTAL		2,280				
	V media	0,892				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 49. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 5

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,39					
% Y	0.6Y	0,00	1,37	1,44	1,40	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
ALTURA PROMEDIO	0,765					
a=0.4Y	0,556					
b=0.6Y	0,834					
c=0.6Y	0,834					
ÁREA		0	0,3058	0,3058	0,3058	0
VELOCIDAD		0,00	1,37	1,44	1,40	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,418946	0,440352	0,42812	0
ΣQ TOTAL		1,287				
	V media	0,504				

Realizado por: Rodrigo Naula

CAUDAL PROMEDIO DE MODULO SELECCIONADO

Tabla 50. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 2)

ÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.2Y	1,28	1,58	1,56	1,61	1,30
	0.8Y		1,11	1,57	1,59	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,443	0,3465	0,3465	0,3465	0,443
VELOCIDAD		1,28	1,35	1,57	1,60	1,30
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,56704	0,4660425	0,5422725	0,5544	0,5759
ΣQ TOTAL		2,706				
	V media	1,009				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 51. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 2)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.6Y	0,00	1,66	1,60	1,72	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0	0,3465	0,3465	0,3465	0
VELOCIDAD		0,00	1,66	1,60	1,72	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,57519	0,5544	0,59598	0
ΣQ TOTAL		1,726				
	V media	0,644				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 52. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 3)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
%Y	0.2Y	1,35	1,60	1,63	1,66	1,34
	0.8Y		1,20	1,50	1,54	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,443	0,3465	0,3465	0,3465	0,443
VELOCIDAD		1,35	1,40	1,57	1,60	1,34
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,59805	0,4851	0,5422725	0,5544	0,59362
ΣQ TOTAL		2,773				
V media		1,034				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 53. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 3)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
%Y	0.6Y	0,00	1,60	1,63	1,69	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0	0,3465	0,3465	0,3465	0
VELOCIDAD		0,00	1,60	1,63	1,69	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,5544	0,564795	0,585585	0
ΣQ TOTAL		1,705				
V media		0,636				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 54. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 4)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.2Y	1,29	1,39	1,51	1,42	1,45
	0.8Y		1,38	1,52	1,44	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,443	0,3465	0,3465	0,3465	0,443
VELOCIDAD		1,29	1,39	1,52	1,43	1,45
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,57147	0,4799025	0,5249475	0,495495	0,64235
ΣQ TOTAL		2,714				
V media		1,012				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 55. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 4)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.6Y	0,00	1,47	1,59	1,52	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0	0,3465	0,3465	0,3465	0
VELOCIDAD		0,00	1,47	1,59	1,52	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,509355	0,550935	0,52668	0
ΣQ TOTAL		1,587				
V media		0,592				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 56 Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 5)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,42					
%Y	0.2Y	1,36	1,42	1,35	1,35	1,41
	0.8Y		1,36	1,29	1,36	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,781					
a=0.4Y	0,568					
b=0.6Y	0,852					
c=0.6Y	0,852					
ÁREA		0,443	0,35145	0,35145	0,35145	0,443
VELOCIDAD		1,36	1,39	1,32	1,36	1,41
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,60248	0,4885155	0,463914	0,47621475	0,62463
ΣQ TOTAL		2,656				
	V media	0,991				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 57. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 5)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,42					
%Y	0.6Y	0,00	1,47	1,58	1,50	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,781					
a=0.4Y	0,568					
b=0.6Y	0,852					
c=0.6Y	0,852					
ÁREA		0	0,35145	0,35145	0,35145	0
VELOCIDAD		0,00	1,47	1,58	1,50	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,5166315	0,555291	0,527175	0
ΣQ TOTAL		1,599				
	V media	0,596				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 58. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 6)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,42					
%Y	0.2Y	1,35	1,39	1,37	1,34	1,37
	0.8Y		1,41	1,39	1,33	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,781					
	a=0.4Y	0,568				
	b=0.6Y	0,852				
	c=0.6Y	0,852				
ÁREA		0,443	0,35145	0,35145	0,35145	0,443
VELOCIDAD		1,35	1,40	1,38	1,34	1,37
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,59805	0,49203	0,485001	0,46918575	0,60691
ΣQ TOTAL		2,651				
V media		0,989				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 59. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 6)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,42					
%Y	0.6Y	0,00	1,58	1,68	1,51	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,781					
	a=0.4Y	0,568				
	b=0.6Y	0,852				
	c=0.6Y	0,852				
ÁREA		0	0,35145	0,35145	0,35145	0
VELOCIDAD		0,00	1,58	1,68	1,51	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,555291	0,590436	0,5306895	0
ΣQ TOTAL		1,676				
V media		0,625				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 60. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 7)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,42					
%Y	0.2Y	1,36	1,50	1,43	1,30	1,25
	0.8Y		1,43	1,51	1,56	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,781					
a=0.4Y	0,568					
b=0.6Y	0,852					
c=0.6Y	0,852					
ÁREA		0,443	0,35145	0,35145	0,35145	0,443
VELOCIDAD		1,36	1,47	1,47	1,43	1,25
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,60248	0,51487425	0,5166315	0,5025735	0,55375
ΣQ TOTAL		2,690				
V media		1,003				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 61. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 7)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,42					
%Y	0.6Y	0,00	1,26	1,71	1,29	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,781					
a=0.4Y	0,568					
b=0.6Y	0,852					
c=0.6Y	0,852					
ÁREA		0	0,35145	0,35145	0,35145	0
VELOCIDAD		0,00	1,26	1,71	1,29	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,442827	0,6009795	0,4533705	0
ΣQ TOTAL		1,497				
V media		0,558				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 62. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal antes de Módulo 1 (medición 8)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,42					
%Y	0.2Y	1,21	1,46	1,55	1,28	1,17
	0.8Y		1,63	1,58	1,59	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,781					
a=0.4Y	0,568					
b=0.6Y	0,852					
c=0.6Y	0,852					
ÁREA		0,443	0,35145	0,35145	0,35145	0,443
VELOCIDAD		1,21	1,55	1,57	1,44	1,17
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,53603	0,54299025	0,55001925	0,50433075	0,51831
ΣQ TOTAL		2,652				
V media		0,989				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 63. Velocidades a 0.6Y del canal antes de Módulo 1 (medición 8)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,42					
%Y	0.6Y	0,00	1,28	1,94	1,63	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,781					
a=0.4Y	0,568					
b=0.6Y	0,852					
c=0.6Y	0,852					
ÁREA		0	0,35145	0,35145	0,35145	0
VELOCIDAD		0,00	1,28	1,94	1,63	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,449856	0,681813	0,5728635	0
ΣQ TOTAL		1,705				
V media		0,636				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 64. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 9)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.2Y	1,23	1,16	1,28	1,11	1,16
	0.8Y		1,08	1,01	1,07	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,443	0,3465	0,3465	0,3465	0,443
VELOCIDAD		1,23	1,12	1,15	1,09	1,16
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,54489	0,38808	0,3967425	0,377685	0,51388
ΣQ TOTAL		2,221				
	V media	0,829				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 65. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 9)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.6Y	0,00	1,04	1,38	1,35	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0	0,3465	0,3465	0,3465	0
VELOCIDAD		0,00	1,04	1,38	1,35	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,36036	0,47817	0,467775	0
ΣQ TOTAL		1,306				
	V media	0,487				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 66. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 10)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
%Y	0.2Y	1,35	1,22	1,24	1,22	1,33
	0.8Y		1,28	1,15	1,12	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,443	0,3465	0,3465	0,3465	0,443
VELOCIDAD		1,35	1,25	1,20	1,17	1,33
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,59805	0,433125	0,4140675	0,405405	0,58919
ΣQ TOTAL		2,440				
V media		0,910				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 67. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 10)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
%Y	0.6Y	0,00	1,25	1,35	1,34	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0	0,3465	0,3465	0,3465	0
VELOCIDAD		0,00	1,25	1,35	1,34	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,433125	0,467775	0,46431	0
ΣQ TOTAL		1,365				
V media		0,509				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 68. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 11)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.2Y	1,30	1,08	1,22	1,01	1,26
	0.8Y		1,29	1,12	1,09	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,443	0,3465	0,3465	0,3465	0,443
VELOCIDAD		1,30	1,19	1,17	1,05	1,26
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,5759	0,4106025	0,405405	0,363825	0,55818
ΣQ TOTAL		2,314				
V media		0,863				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 69. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 11)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.6Y	0,00	1,23	1,30	1,11	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0	0,3465	0,3465	0,3465	0
VELOCIDAD		0,00	1,23	1,30	1,11	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,426195	0,45045	0,384615	0
ΣQ TOTAL		1,261				
V media		0,470				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 70. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 12)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.2Y	1,30	1,08	1,22	1,01	1,26
	0.8Y		1,29	1,12	1,09	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0,443	0,3465	0,3465	0,3465	0,443
VELOCIDAD		1,30	1,19	1,17	1,05	1,26
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,5759	0,4106025	0,405405	0,363825	0,55818
ΣQ TOTAL		2,279				
V media		0,85				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 71. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 12)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,4					
% Y	0.6Y	0,00	0,98	1,08	1,01	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,770					
a=0.4Y	0,56					
b=0.6Y	0,84					
c=0.6Y	0,84					
ÁREA		0	0,3465	0,3465	0,3465	0
VELOCIDAD		0,00	0,98	1,08	1,01	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,33957	0,37422	0,349965	0
ΣQ TOTAL		1,064				
V media		0,397				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 72. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 13)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,35					
%Y	0.2Y	1,05	1,22	1,11	1,32	1,34
	0.8Y		1,18	1,15	1,25	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,743					
a=0.4Y	0,54					
b=0.6Y	0,81					
c=0.6Y	0,81					
ÁREA		0,443	0,334125	0,334125	0,334125	0,443
VELOCIDAD		1,05	1,20	1,13	1,29	1,34
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,46515	0,40095	0,37672594	0,429350625	0,59362
ΣQ TOTAL		2,266				
V media		0,845				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 73. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 13)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,35					
%Y	0.6Y	0,00	1,11	1,27	1,45	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,743					
a=0.4Y	0,54					
b=0.6Y	0,81					
c=0.6Y	0,81					
ÁREA		0	0,334125	0,334125	0,334125	0
VELOCIDAD		0,00	1,11	1,27	1,45	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,37087875	0,42433875	0,48448125	0
ΣQ TOTAL		1,280				
V media		0,477				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 74. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 14)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,35					
% Y	0.2Y	1,20	1,28	1,19	1,33	1,21
	0.8Y		1,17	1,15	1,06	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,743					
a=0.4Y	0,54					
b=0.6Y	0,81					
c=0.6Y	0,81					
ÁREA		0,443	0,334125	0,334125	0,334125	0,443
VELOCIDAD		1,20	1,23	1,17	1,20	1,21
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,5316	0,409303125	0,39092625	0,399279375	0,53603
ΣQ TOTAL		2,267				
V media		0,846				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 75. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 14)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,35					
% Y	0.6Y	0,00	1,25	1,27	1,33	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,743					
a=0.4Y	0,54					
b=0.6Y	0,81					
c=0.6Y	0,81					
ÁREA		0	0,334125	0,334125	0,334125	0
VELOCIDAD		0,00	1,25	1,27	1,33	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,41765625	0,42433875	0,44438625	0
ΣQ TOTAL		1,286				
V media		0,480				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 76. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 15)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,35					
%Y	0.2Y	1,27	1,17	1,20	1,22	1,23
	0.8Y		1,35	1,15	1,21	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,743					
a=0.4Y	0,54					
b=0.6Y	0,81					
c=0.6Y	0,81					
ÁREA		0,443	0,334125	0,334125	0,334125	0,443
VELOCIDAD		1,27	1,26	1,17	1,22	1,23
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,56261	0,4209975	0,39176156	0,405961875	0,54489
ΣQ TOTAL		2,326				
V media		0,868				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 77. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 15)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,35					
%Y	0.6Y	0,00	1,20	1,16	1,21	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,743					
a=0.4Y	0,54					
b=0.6Y	0,81					
c=0.6Y	0,81					
ÁREA		0	0,334125	0,334125	0,334125	0
VELOCIDAD		0,00	1,20	1,16	1,21	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,40095	0,387585	0,40429125	0
ΣQ TOTAL		1,193				
V media		0,445				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 78. Velocidades a 0.2Y y 0.8Y del canal después de Módulo 1 (medición 16)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,35					
%Y	0.2Y	1,11	1,34	1,31	1,40	1,05
	0.8Y		1,28	1,15	1,32	
Y(m)0.2	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
Y(m)0.8	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,743					
a=0.4Y	0,54					
b=0.6Y	0,81					
c=0.6Y	0,81					
ÁREA		0,443	0,334125	0,334125	0,334125	0,443
VELOCIDAD		1,11	1,31	1,23	1,36	1,05
Q PROMEDIO POR ÁREA		0,49173	0,43770375	0,41013844	0,45441	0,46515
ΣQ TOTAL		2,259				
V media		0,843				

Realizado por: Rodrigo Naula

Tabla 79. Velocidades a 0.6Y del canal después de Módulo 1 (medición 16)

CÁLCULO DEL CANAL POR EL METODO DE PROFUNDIDADES						
DESCRIPCIÓN		FRANJA DE SECCIÓN 1	FRANJA DE SECCIÓN 2	FRANJA DE SECCIÓN 3	FRANJA DE SECCIÓN 4	FRANJA DE SECCIÓN 5
Y	1,35					
%Y	0.6Y	0,00	1,33	1,27	1,41	0,00
Y(m)0.6	0,762	0	0,762	0,762	0,762	0
ANCHO	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
ALTURA PROMEDIO	0,743					
a=0.4Y	0,54					
b=0.6Y	0,81					
c=0.6Y	0,81					
ÁREA		0	0,334125	0,334125	0,334125	0
VELOCIDAD		0,00	1,33	1,27	1,41	0,00
Q PROMEDIO POR ÁREA		0	0,44438625	0,42433875	0,47111625	0
ΣQ TOTAL		1,340				
V media		0,500				

Realizado por: Rodrigo Naula

3.3.2 Determinar el caudal de diseño

Determinación de caudal de equipamiento

Para determinar el caudal se procedió a medir el aforamiento de canal 2 veces al día y durante 4 días. Datos de los cuales se obtuvo un promedio para el dato final de diseño.

Tabla 80. Caudal promedio destinado al Módulo 1

ANTES DE MÓDULO			DESPUÉS DEL MÓDULO			CAUDAL DESTINADO AL MÓDULO (C=A-B) (m3/s)
Nº Medidas	Velocidad (m/s)	Caudal (A) (m3/s)	Nº Medidas	Velocidad (m/s)	Caudal (B) (m3/s)	
1	0,995	2,669	9	0,829	2,221	0,447
2	1,009	2,706	10	0,910	2,440	0,266
3	1,034	2,773	11	0,863	2,314	0,460
4	1,012	2,714	12	0,850	2,279	0,435
5	0,991	2,656	13	0,845	2,266	0,390
6	0,989	2,651	14	0,846	2,267	0,384
7	1,003	2,690	15	0,868	2,326	0,364
8	0,989	2,652	16	0,843	2,259	0,393
					Q media	0,392

Autor: Rodrigo Naula

En la Tabla 80. se puede observar el procesamiento de los datos recopilados en situ. La tabla 81. consta en 3 partes, la primera parte consta de 8 datos tomadas antes del módulo y la segunda parte son 8 datos de velocidad y caudal después módulo; la tercera parte es la diferencia del caudal tomado antes y después, dicho dato es el caudal propuesto al módulo con un valor promedio de 0,392 m3/s.

Tabla 81. Tabla de resumen caudal de módulos

ANTES DE MÓDULO			DESPUES DEL MÓDULO		CAUDAL DESTINADO AL MÓDULO (C=A-B) (m3/s)
Módulo	Velocidad (m/s)	Caudal (A) (m3/s)	Velocidad (m/s)	Caudal (B) (m3/s)	
2	1,098	2,807	0,977	2,498	0,308
3	1,099	2,811	0,981	2,508	0,302
4	1,056	2,700	0,959	2,452	0,248
5	1,005	2,569	0,892	2,280	0,288

Autor: Rodrigo Naula

3.3.2.1 Determinar el potencial energético bruto de los módulos

Para establecer el potencial energético bruto más favorable en el tramo, se calcularon para cada uno de ellas.

La prefactibilidad para un proyecto de hidro generación contempla los estudios de prefactibilidad que contienen diseños de la presa, bocatoma, canal de conducción, desarenador, cámara de carga conducción final de tubería de presión y finalmente, una casa de máquinas que alberga la turbina, generador, sala de mandos y una subestación eléctrica

La ecuación potencial energético bruto es:

$$ph = \rho * g * h * Q \quad (2)$$

Donde:

ph: potencia hidráulica (Kw)

ρ : densidad del fluido (kg/m³)

g: aceleración debido a la fuerza de gravedad (m/s²)

h: altura desde la toma el agua y la bocatoma de la turbina (m)

Q: caudal del flujo volumétrico del fluido por unidad de tiempo (m³/s)

Cálculo de la potencia hidráulica del módulo 1

$$\begin{aligned} ph &= \rho * g * h * Q \\ ph &= 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m^2}{s} * 10 m * 0,392 \frac{m^3}{s} \\ ph &= 3021,48 Watt \\ ph &= 3,02 Kw \end{aligned}$$

Cálculo de la potencia hidráulica del módulo 2

$$\begin{aligned} ph &= \rho * g * h * Q \\ ph &= 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m^2}{s} * 10 m * 0,308 \frac{m^3}{s} \\ ph &= 38455 Watt \\ ph &= 38,46 Kw \end{aligned}$$

Cálculo de la potencia hidráulica del módulo 3

$$\begin{aligned} ph &= \rho * g * h * Q \\ ph &= 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m^2}{s} * 10 m * 0,302 \frac{m^3}{s} \end{aligned}$$

$$ph = 2962,62 \text{ Watt}$$

$$ph = 2,97 \text{ Kw}$$

Cálculo de la potencia hidráulica del módulo 4

$$ph = \rho * g * h * Q$$

$$ph = 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m^2}{s} * 1 m * 0,248 \frac{m^3}{s}$$

$$ph = 2432,88 \text{ Watt}$$

$$ph = 2,43 \text{ Kw}$$

Cálculo de la potencia hidráulica del módulo 5

$$ph = \rho * g * h * Q$$

$$ph = 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m^2}{s} * 1 m * 0,288 \frac{m^3}{s}$$

$$ph = 2825,28 \text{ Watt}$$

$$ph = 2,83 \text{ Kw}$$

Tabla 82. Tabla de la potencia hidráulica para los módulos

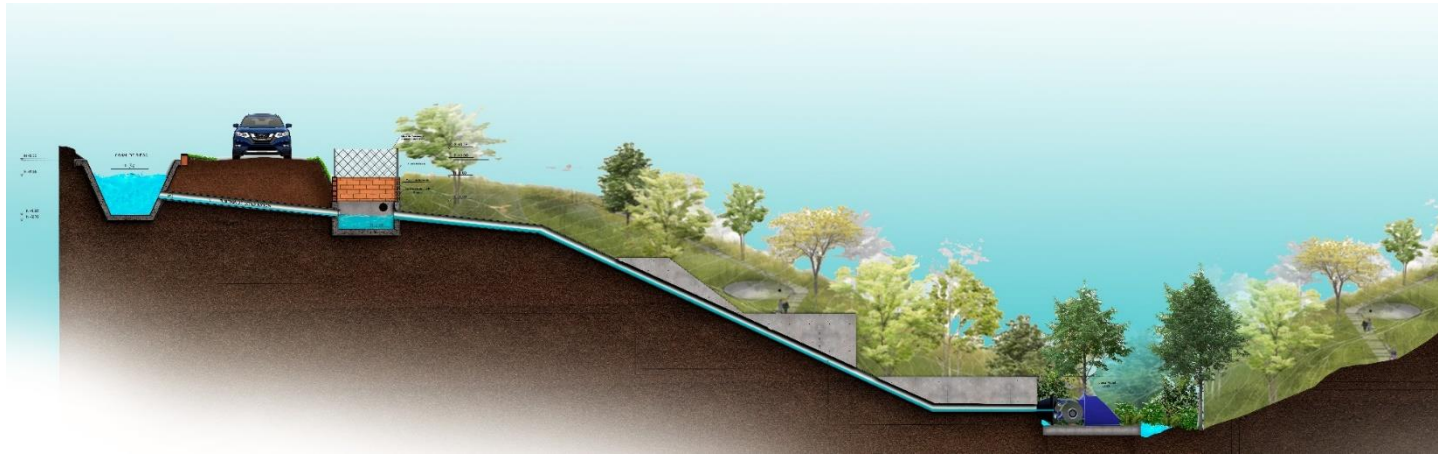
ABSCISA	ESTE	NORTE	DESCRIPCIÓN	CAUDAL (l/seg)	ALTURA (m)	POTENCIA ENERGÉTICO BRUTO (Kw)
0+140	761021.55	9855811.23	MÓDULO 1-ALIVIADERO	0,392	10	38,46
0+380	761090.34	9855687.74	MÓDULO 2	0,308	1	3,02
1+340	761767.94	9855446.11	MÓDULO 3	0,302	1	2,97
2+200	762372.27	9854995.34	MÓDULO 4	0,248	1	2,43
3+800	762807.33	9854264.67	MÓDULO 5	0,288	1	2,83

Autor: Rodrigo Naula

3.4 Propuesta

En el tramo 0+140 es el lugar óptimo para generar hidroenergía ya que su infraestructura posee un desarenador, compuertas de regulación de caudal, cámara de carga, tubería de conducción y un aliviadero que está conformado por 4 piscinas las que permiten reducir la caída hidráulica. La tubería de conducción consta de un diámetro de 30 cm, con un caudal de 0,339 m³/s, transportando el caudal hacia la cámara de carga, mismo que se desfoga por una estructura de piscinas a diferentes alturas hasta llegar al punto más bajo del terreno reduciendo la presión. Anexo 7. Módulo 1. Estado Actual y Propuesta.

El proyecto busca generar energía eléctrica aprovechando el desnivel topográfico del sitio y el caudal destinado al Módulo 1, dicho caudal no retorna al canal principal porque dota de riego en zonas bajas de la Parroquia Huachi Grande. Según OLADE, debido a la altura y potencia energética calculadas en el Módulo 1, corresponde el diseño de una minicentral hidroeléctrica [16]. Se propone utilizar el sistema de conducción y abastecimiento ya existentes en el óvalo. La longitud de la tubería desde el canal hacia la cámara de carga es de 5 metros con .30 metros de diámetro.



*Fig. 33. Esquema de propuesta
Realizado por: Rodrigo Naula*

Para generar energía, la tubería se dividió en 3 secciones. La primera en conducción, el segundo tramo en presión y la tercera en presión hacia el cuarto de máquinas. El material para la tubería es de hierro dúctil con una longitud de 26.5 metros y con diámetro de 0.30 metros, según las características del catálogo [[19]. Para el proyecto se seleccionó la turbina tipo Michell Banki [20]. Para el cuarto de máquinas se optó por una estructura prefabricada

3.4.1.1 Determinación del caudal de diseño

Para la determinación del caudal de diseño, se necesita calcular los siguientes caudales

Caudal de equipamiento:

Datos:

$$Q_{fr} = 0.392 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculos:

$$Q_{eq} = Q_{fr} \times 90\%$$

$$Q_{eq} = 0.392 \text{ m}^3/\text{s} \times 90\%$$

$$Q_{eq} = 0.3528 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.4.1.1.1 Caudal ecológico:

Datos:

$$Q_{eq} = 0.3528 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo:

$$Q_e = Q_{eq} \times 10\%$$

$$Q_e = 0.3528 \text{ m}^3/\text{s} \times 10\%$$

$$Q_e = 0.0353 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.4.1.1.2 Caudal de diseño:

Datos:

$$Q_{eq} = 0.3528 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_e = 0.0353 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo:

$$Q = Q_{eq} - Q_e$$

$$Q = Q_{eq} - Q_e$$

$$Q = (0.3528 - 0.0353) \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.3175 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se considerará una caudal de $Q=0,3175 \text{ m}^3/\text{s}$ para el diseño de la tesis.

3.4.1.2 Cámara de carga

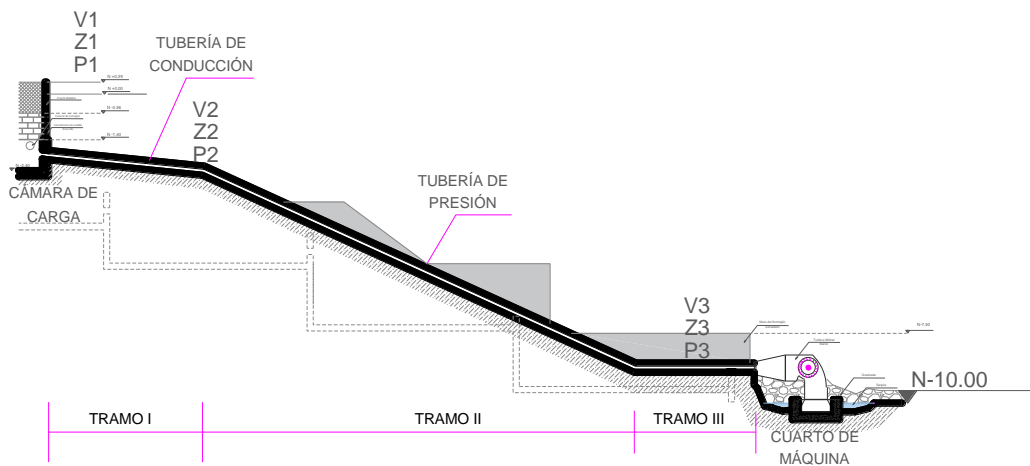


Fig. 34. Perfil transversal del proyecto

Autor: Rodrigo Naula

Cámara de carga

La cámara de carga existente posee una dimensión de 1.40 x 2.65 metros dotado de una tubería de conducción desde el canal de 0.30 m y una tubería de salida hacia el aliviadero de 0.30 m, dicha infraestructura se rediseña.

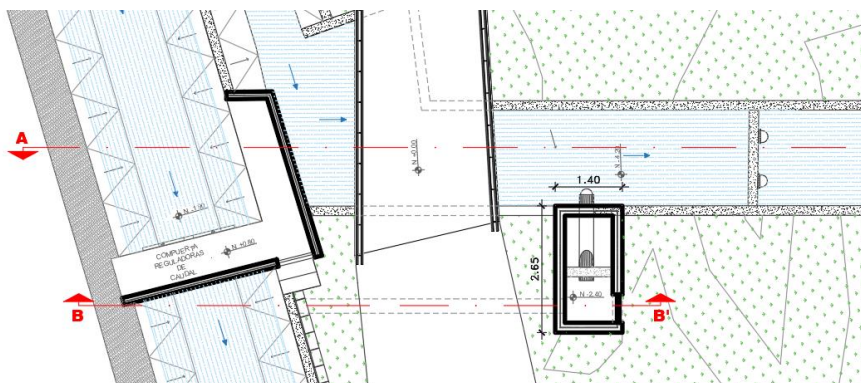


Fig. 35. Implantación actual de la cara de carga

Autor: Rodrigo Naula

Rediseño de la cámara de carga

Son estructuras que une un sistema de baja presión con uno de alta presión, caracterizado por tener un arranque rápido y una parada brusca.

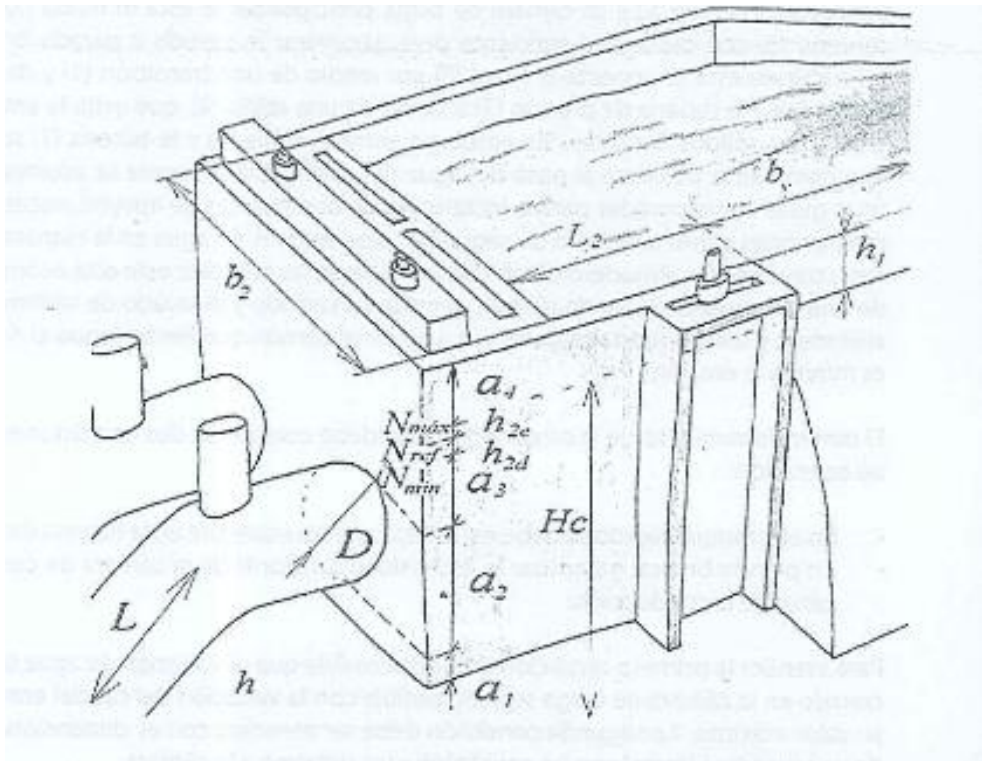


Fig. 36. Detalle diseño cámara de carga

Fuente: [20]

Determinar el diámetro de la tubería de presión D , el cual se calcula con la siguiente formula.

$$D = 1.27 * \frac{Q^{0.4268}}{(H_B + h_s)^{0.1423}} \quad (3)$$

Donde:

D : Diámetro de la tubería de presión

Q: Caudal de diseño (m^3/s)

H_B : es la altura bruta de la PCH (m)

h_s : es la altura por efecto de golpe de ariete(m). Se tomará el 30% de la altura bruta. (H_B)

$$D = 1.27 * \frac{0.3175^{0.4268}}{(1.3 * 10)^{0.1423}}$$

$$D = 0.34 \approx 0.3 \text{ m} \therefore$$

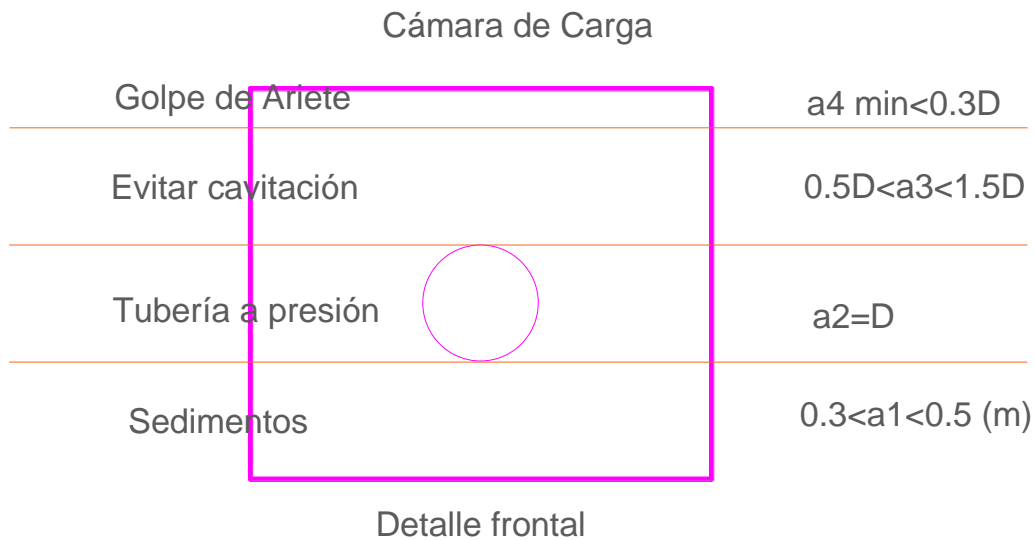


Fig. 37. Detalle frontal cámara de carga

Realizado por: Rodrigo Naula

Determinar a_1

Altura que evita el ingreso de posibles sedimentos a la tubería de presión

$$0.3 < a_1 < 0.5$$

Valor asumido: $a_1 = 0.3 \text{ m}$

Determinar a_2

Altura que equivale a la tubería de presión.

Valor asumido: $a_2 = D = 0.3 \text{ m}$

Determinar a_3

Altura que evita el torbellino creado por el flujo del caudal no genere cavitación se debe dejar un nivel mínimo equivalente.

$$0.5D < a_1 < 1.5D$$

$$a_3 \text{min} = 0.3 \text{ m}$$

Valor asumido: $a_3 = 0.3 \text{ m}$

Determinar a_4

Altura que evita el golpe de ariete se crea una elevación del nivel de agua en el tanque de carga.

$$a_4 \text{min} = 0.3 \text{ m}$$

Valor asumido: $a_4 = 0.3 \text{ m}$

Determinar h_2

Esta altura está en función del canal o tubería de ingreso, nivel topográfico y la calidad del agua, se toma un valor para la altura de la cámara de carga h_2 .

Valor asumido: $h_2 = 1.2 \text{ m}$

Determinar velocidad media v_2

$$v_2 = 1.0; 0.8; 0.6 \text{ m/s}$$

Valor asumido: $v_2 = 0.6 \text{ m/s}$

Determinar el ancho del tanque de carga b_2

$$b_2 = \frac{Q}{V_2 \times h_2} \quad (4)$$

$$b_2 = \frac{0.3175 \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m/s} \times 1.2 \text{ m}}$$

$$b_2 = 0,44 \quad \therefore 0.50 \text{ m}$$

Determinar la altura del volumen de agua en el tanque para el arranque h_{2d}

$$h_{2d} = \frac{Q}{7 \times b_2 \times \sqrt{h_2}} \quad (5)$$

$$h_{2d} = \frac{0.3175 \text{ m}^3/\text{s}}{7 \times 0.44 \text{ m} \times \sqrt{1.2}}$$

$$h_{2d} = 0.00828$$

Determinar h_{2c}

$$h_{2c} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 \quad (6)$$

$$h_{2c} = 0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.0828$$

$$h_{2c} = 0,9828 \text{ m}$$

1er chequeo

$$h_{2c} < h_2$$

$$0,9828 \text{ m} < 1.20 \text{ m} \therefore \text{si Cumple ok}$$

Determinar la longitud de carga:

$$L_2 = 0.304 \frac{Q \times L \times \sqrt{h_2}}{Hc \times h \times D^2} \quad (7)$$

$$L_2 = 0.304 \frac{0.3175 \times 26.6 \text{ m} \times \sqrt{1.2}}{11.2 \times 10 \times 0.3^2}$$

$$L_2 = 2.60 \text{ m}$$

Determinar altura de nivel máximo

$$h_{2e} = \frac{0.25 \times Q}{b_2 \times \sqrt{h_2}} \quad (8)$$

$$h_{2e} = \frac{0.25 \times 0.3175 \text{ m}^3/\text{s}}{0.44 \times \sqrt{1.2}}$$

$$h_{2e} = 0.165 \text{ m}$$

Determinar ancho de la cámara de carga

$$b = \frac{5 \times b_2^{3/2} \times h_2^{3/4}}{\sqrt{Q}} \quad (9)$$

$$b = \frac{5 \times 1.2^{3/2} \times 0.55^{3/4}}{\sqrt{0.3175}}$$

$$b = 3.60 \text{ m}$$

Determinar altura de la cámara de carga

$$h_{2c} = h_2 + h_{2e} + a_4 \quad (10)$$

$$h_{2c} = 1.2 + 0.165 + 0,3$$

$$h_{2c} = 1.665 \text{ m}$$

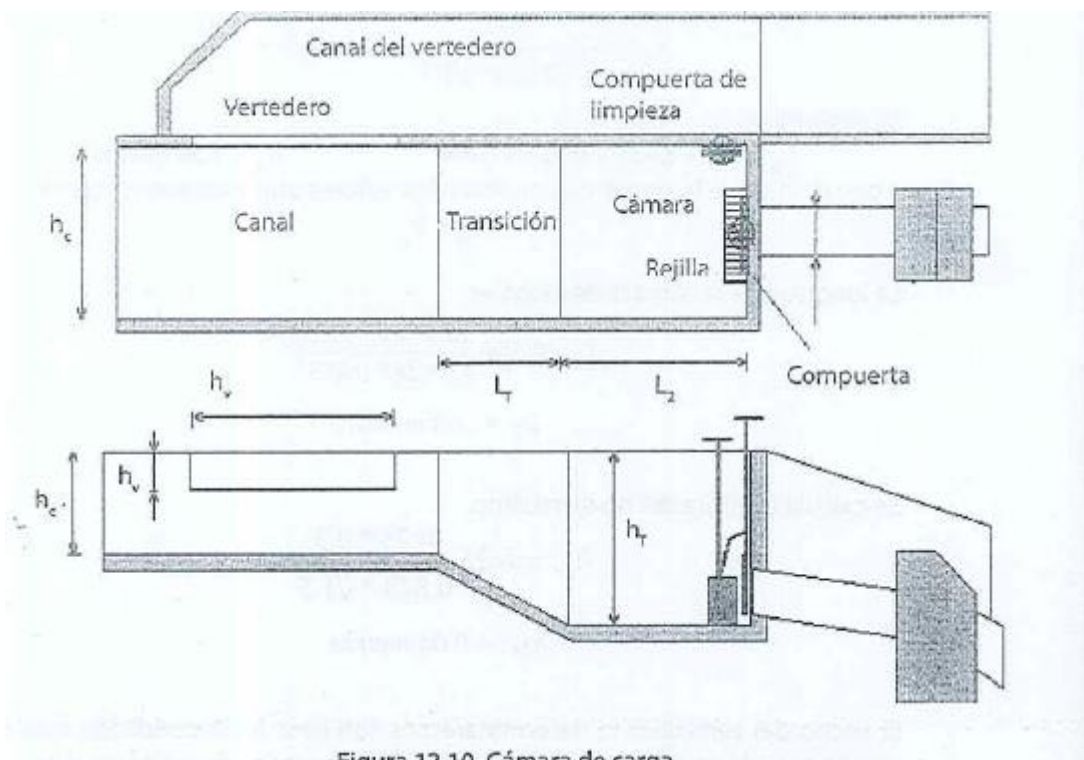


Fig. 38 Esquema de Cámara de Carga

Autor: [9]

3.4.1.1 Determinación de la altura bruta

El caudal propuesto al módulo uno consta de un diseño de 0.3175 m³/s desde el canal hacia el módulo, el espejo de agua se encuentra a un nivel (Hr) de 2944.7 msnm, y hasta el nivel de tubería (Hm) en el cuarto de máquinas, a 2934.91 msnm, estos datos son propios del proyecto medidos con los equipos topográficos en situ según a las condiciones geográficas del sector, como se muestra en la Fig. 38

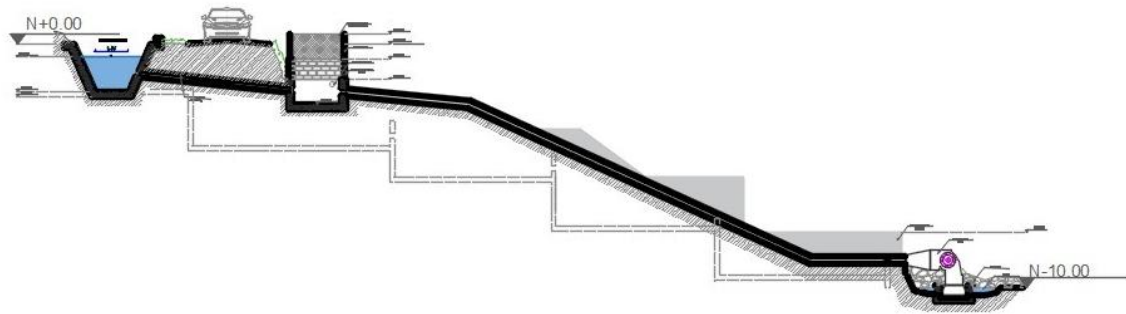


Fig. 39. Detalle de desnivel

Elaborado por: Rodrigo Naula

Para obtener la altura bruta de la minicentral hidroeléctrica se necesitan las cotas topográficas desde el nivel superior e inferior, dicha diferencia llega a ser la altura bruta del proyecto.

Datos:

$$Hr = 2944.7 \text{ m}$$

$$Hm = 2934.91 \text{ m}$$

Cálculo:

$$Hb = Hr - Hm$$

$$Hb = 2944.7 \text{ m} - 2934.91 \text{ m}$$

$$Hb = 9.79 \text{ m} = 10 \text{ m}$$

3.4.1.2 Determinación del diámetro inicial de tuberías

Es necesario considerar dos tipos de diámetros a la tubería de la central, un diámetro

D_1 en la tubería de conducción que sirve para garantizar que el fluido transite sin presiones internas, y un diámetro D_2 en la tubería de presión que sirve para garantizar que no exista burbujas de aire en su interior.

Tubería de conducción

Para la obtención del diámetro de la tubería, se selecciona un diámetro estimado por el fabricante de tuberías el cual servirá como dato inicial hasta definir el diámetro de diseño.

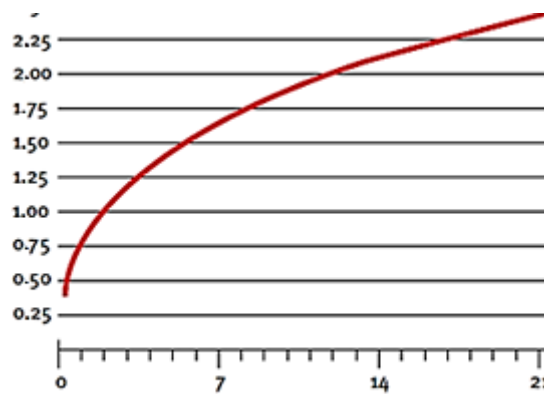


Fig. 40. Selección de diámetro de tubería

Fuente: [21]

Ingresar con el caudal de diseño $Q=0,3175 \text{ m}^3/\text{s}$ a la curva de la Fig. 39. se obtiene el diámetro inicial d_{in} en función del caudal de diseño.

Entonces:

Datos:

$d_{in} = 0.30 \text{ m}$, según la Fig. 39.

3.4.1.3 Tubería de Presión

La tubería debe encontrarse llena al 100% todo el tiempo,

$$D_2 = d_{in}$$

$$D_2 = 0.30 \text{ m}$$

3.4.1.4 Cálculo de pérdidas mayores

La mayor cantidad de pérdidas de energía se produce por efecto de la fricción existente entre el agua y las paredes de la tubería, en secciones rectilíneas y largas de tuberías tanto para flujo laminar como turbulento, en la Fig. 40. se muestra el perfil de la tubería de conducción y presión, divididos en tramos I, II y III.

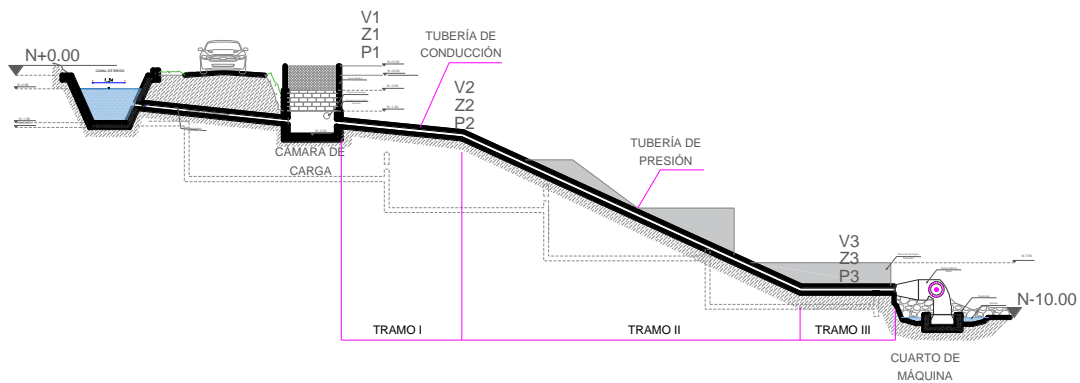


Fig. 41. Esquema de tubería a presión

Realizado por: Rodrigo Naula

3.4.2 Pérdidas en la tubería de conducción

3.4.2.1 Cálculo de presión al tramo I

El tramo I va desde la cota del nivel del tanque de presión, hasta el inicio de la tubería de presión, y abarca toda la tubería de conducción.

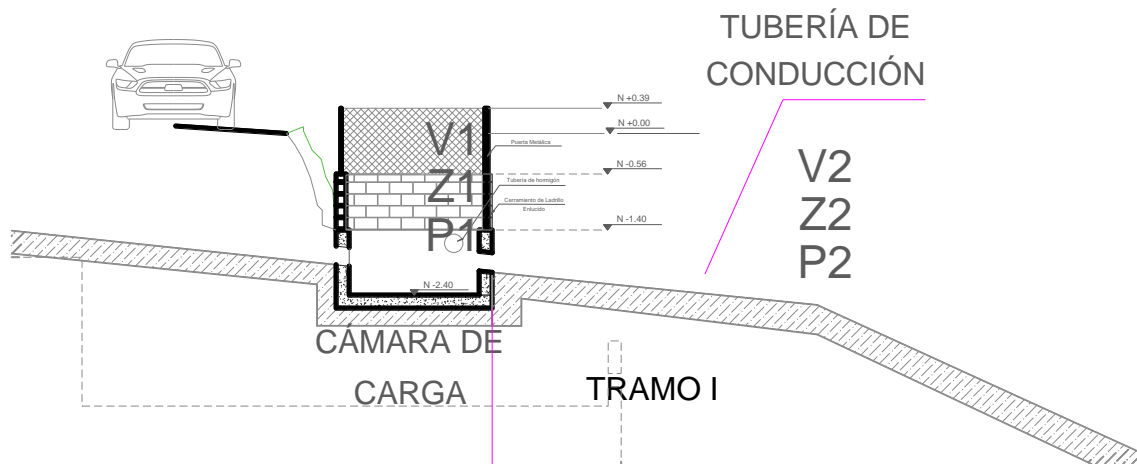


Fig. 42. Tramo I tubería de conducción

Realizado por: Rodrigo Naula

Datos:

$$Q = 0,3175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$L_1 = 3.6 \text{ m}$, longitud de la tubería de conducción

$$Z_1 = 2 \text{ m}$$

$$D_1 = 0.3 \text{ m}$$

$$P_1 = 0 \text{ psi (A la atmósfera)}$$

$$Z_2 = 0 \text{ m}$$

$$V_1 = 0 \text{ m/s}$$

Cálculo de la velocidad en el punto 2

$$Q = V_2 \times A$$

$$V_2 = \frac{Q \times 4}{D_2^2 \times \pi} \tag{11}$$

$$V_2 = \frac{0,3175 \text{ m}^3/\text{s} \times 4}{(0.3\text{m})^2 \times \pi}$$

$$V_2 = 4.49 \text{ m/s}$$

Cálculo de presión en el punto 2

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2 \times g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \times g}$$

$$P_2 = \left[Z_1 - \frac{V_2^2}{2 \times g} \right] \times \gamma \quad (12)$$

$$P_2 = \left[(2 \text{ m}) - \frac{(0.3175 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2} \right] \times 9800 \text{ N/m}^3$$

$$P_2 = 9521.30 \text{ Pa} = 1.389 \text{ psi}$$

Número de Reynolds

Sirve para analizar si existe un flujo laminar o turbulento en el interior de la tubería.

Datos:

$$V_2 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$\delta = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

$$D_1 = 0.3 \text{ m}$$

$$\mu = 1.15 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

Cálculos:

$$N_R = \frac{\delta \times V \times D_1}{\mu} \quad (13)$$

$$N_R = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 4.49 \text{ m/s} \times 0.3 \text{ m}}{1.15 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2}$$

$$N_R = 1171304.35$$

El valor del número de Reynolds es de $1171304 > 2000$, pertenece a un régimen turbulento.

Rugosidad relativa

Datos:

$$D_1 = 3 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 4.6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Cálculos:

$$\frac{D_1}{\varepsilon}$$

$$\frac{D_1}{\varepsilon} = \frac{0.3 \text{ m}}{4.6 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$\frac{D_1}{\varepsilon} = 6521.74$$

Factor de fricción

Datos:

$$D_1 = 0.3 \text{ m}$$

$$N_R = 1171304.35$$

$$\frac{D_1}{\varepsilon} = 6521.74$$

Cálculos:

$$f_1 = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D_1}{\varepsilon} \right)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f_1 = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(6521.74)} + \frac{5.74}{1171304.35^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f_1 = 0.014086$$

Pérdidas mayores

Se obtiene la mayor cantidad de pérdidas en la tubería de conducción que tiene una longitud de 3.60 m.

Datos:

$$f_1 = 0.014086$$

$$L_1 = 3.60 \text{ m}$$

$$V_1 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$D_1 = 0.3 \text{ m}$$

Cálculos:

$$h_{L1} = f_1 \times \frac{L}{D_1} \times \frac{V_1^2}{2g} \quad (14)$$

$$h_{L1} = \frac{0.014086 \times 3.6 \text{ m} \times (4.49 \text{ m/s})^2}{2 \times 0.3 \text{ m} \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{L1} = 0.174$$

3.4.2.2 Pérdidas en la tubería de presión Cálculo de presión al tramo II

El tramo II va desde el inicio de la tubería de presión, hasta el fin de la misma.

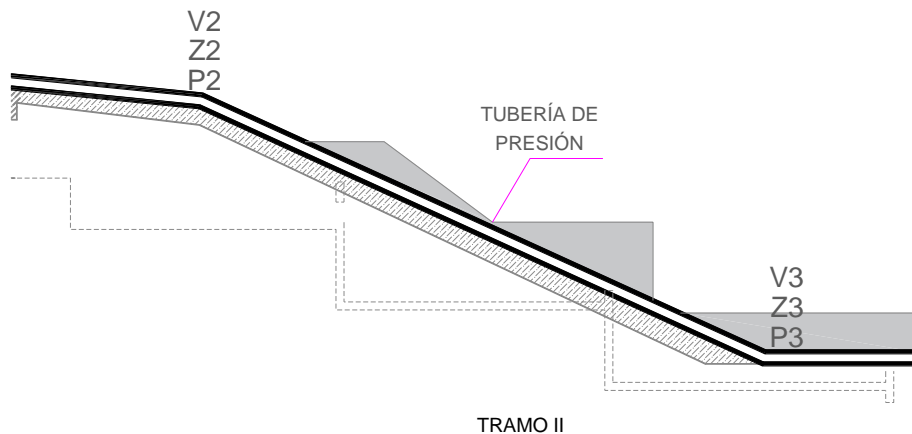


Fig. 43. Tubería de presión

Realizado por: Rodrigo Naula

Datos:

$$D_2 = 0.3 \text{ m}$$

$$Q = 0.3175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_2 = 18.00 \text{ m}$$

$$Z_2 = 5.5 \text{ m}$$

$$V_2 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$P_2 = 9521.30 \text{ Pa}$$

$$Z_3 = 0 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad en el punto 3

$$Q = V_3 \times A$$

$$V_3 = \frac{Q \times 4}{D_2^2 \times \pi}$$

$$V_3 = \frac{0.317 \text{ m}^3/\text{s} \times 4}{0.3^2 \times \pi}$$

$$V_3 = 4.49 \text{ m/s}$$

Cálculo de la presión en el punto 3

$$\frac{P_3}{\gamma} + Z_3 + \frac{V_3^2}{2 \times g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \times g}$$

$$P_3 = \left(\frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \times g} - \frac{V_3^2}{2 \times g} \right) \times \gamma$$

$$P_3 = \left[\frac{9521.30 \text{ Pa}}{9800 \text{ N/m}^3} + 5.5 \text{ m} + \frac{(4.49 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2} - \frac{(4.49 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2} \right] \times 9800 \text{ N/m}^3$$

$$P_3 = 63421.30 \text{ Pa} = 9.25 \text{ psi}$$

Número de Reynolds

Datos:

$$V_3 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$\delta = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

$$D_2 = 0.3 \text{ m}$$

$$\mu = 1.15 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

Cálculo:

$$N_R = \frac{\delta \times V_3 \times D_2}{\mu}$$

$$N_R = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 4.49 \text{ m/s} \times 0.3 \text{ m}}{1.15 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2}$$

$$N_R = 1171304.35$$

El valor del número de Reynolds es de $1171304.35 > 2000$, pertenece a un régimen turbulento.

Rugosidad relativa

Datos:

$$D_2 = 0.3 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 4.6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Cálculos:

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

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{0.3 \text{ m}}{4.6 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 6521.74$$

Factor de fricción

Datos:

$$D_2 = 0.3 \text{ m}$$

$$N_R = 1171304.35$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 6521.74$$

Cálculos:

$$f_2 = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f_2 = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(6521.74)} + \frac{5.74}{1171304.35^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$f_2 = 0.014086$ Pérdidas principales

Datos:

$$f_2 = 0.0965$$

$$L_2 = 18.00 \text{ m}$$

$$V_3 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$D_2 = 0.3 \text{ m}$$

Cálculos:

$$h_{L2} = f_2 \times \frac{L_2}{D_2} \times \frac{V_3^2}{2g}$$

$$h_{L2} = \frac{0.014086 \times 18.00 \text{ m} \times (4.49 \text{ m/s})^2}{2 \times 0.3 \text{ m} \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{L2} = 0.8691 \text{ m}$$

3.4.2.3 Pérdidas en la tubería de ingreso a las turbinas, cálculo de presión al tramo III

El tramo III va desde el fin de la tubería de presión, hasta el ingreso a las válvulas mariposa. El diámetro de la tubería es el mismo que el tramo II

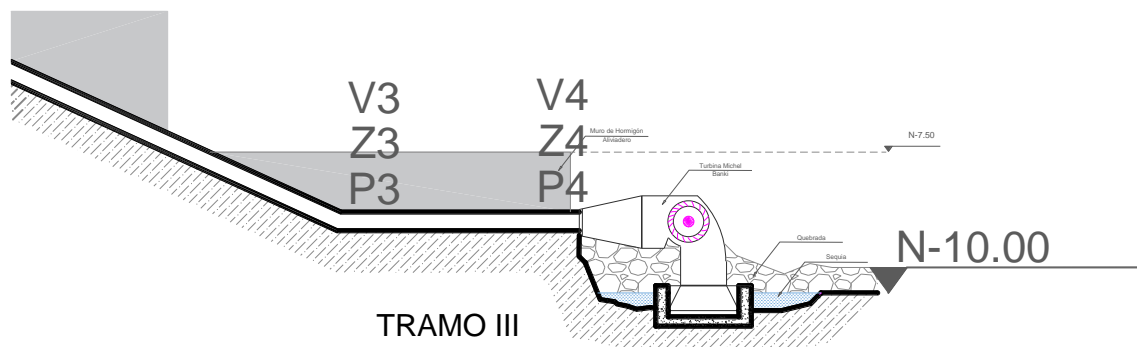


Fig. 44. Tubería a presión - Cuarto de máquinas

Realizado por: Rodrigo Naula

Datos:

$$D_3 = 0.3 \text{ m}$$

$$Q = 0.3175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_3 = 2 \text{ m}$$

$$Z_3 = 5.5 \text{ m}$$

$$V_3 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$P_3 = 63421.30 \text{ Pa}$$

$$Z_4 = 5.5 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad en el punto 4

$$Q = V_4 \times A$$

$$V_4 = \frac{Q \times 4}{D_3^2 \times \pi}$$

$$V_4 = \frac{0.3175 \text{ m}^3/\text{s} \times 4}{(0.3 \text{ m})^2 \times \pi}$$

$$V_4 = 4.49 \text{ m/s}$$

Cálculo de la presión en el punto 4

$$\frac{P_4}{\gamma} + Z_4 + \frac{V_4^2}{2 \times g} = \frac{P_3}{\gamma} + Z_3 + \frac{V_3^2}{2 \times g}$$

$$P_4 = \left(\frac{P_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2 \times g} - \frac{V_4^2}{2 \times g} \right) \times \gamma$$

$$P_4 = \left[\frac{63421.30 \text{ Pa}}{9800 \text{ N/m}^3} + \frac{(4.49 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2} - \frac{(4.49 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2} \right] \times 9800 \text{ N/m}^3$$

$$P_3 = 63421.30 \text{ Pa} = 9.25 \text{ psi}$$

Número de Reynolds

Datos:

$$V_4 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$\delta = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

$$D_3 = 0.3 \text{ m}$$

$$\mu = 1.15 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

Cálculos:

$$N_R = \frac{\delta \times V_4 \times D_3}{\mu}$$

$$N_R = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 4.49 \text{ m/s} \times 0.3 \text{ m}}{1.15 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2}$$

$$N_R = 1171304.34$$

El valor del número de Reynolds es de $1171304.34 > 2000$, pertenece a un régimen turbulento.

Rugosidad relativa

Datos:

$$D_3 = 0.3 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 4.6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Cálculos:

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

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{0.3 \text{ m}}{4.6 \times 10^{-5} \text{ m}}$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 6521.74$$

Factor de fricción

Datos:

$$D_3 = 0.3 \text{ m}$$

$$N_R = 1171304.35$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 32608.7$$

Cálculos:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f_1 = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(6521.74)} + \frac{5.74}{1171304.35^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.014086$$

Perdidas principales

Datos:

$$f = 0.014086$$

$$L_3 = 2 \text{ m}$$

$$V_4 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$D_3 = 0.3 \text{ m}$$

Cálculos:

$$h_{L3} = f \times \frac{V_3}{D_3} \times \frac{V_3^2}{2g}$$

$$h_{L3} = \frac{0.014086 \times 4.49 \text{ m} \times (4.49 \text{ m/s})^2}{2 \times 0.3 \text{ m} \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{L3} = 0.2166 \text{ m}$$

3.4.3 Cálculo de pérdidas menores

Las pérdidas de energía son proporcionales a la carga de la velocidad del fluido, está conformada por accesorios como: codo, reductores y válvulas

Ingreso a la cámara de carga

Las pérdidas al ingreso son causadas por un movimiento de caudal hacia la cámara de carga. El fluido debe acelerar desde una velocidad cero a la velocidad de flujo en la tubería.

Datos:

$$V_2 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$K = 0.5$$

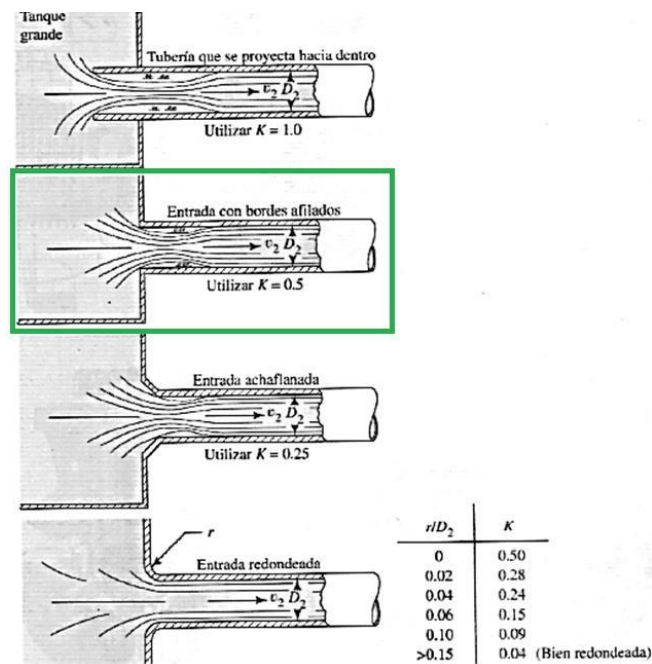


Fig. 45. Coeficiente de resistencia de entradas

Fuente: [22]

$$h_{Lm1} = k \times \frac{v_2^2}{2g} \quad (15)$$

$$h_{Lm1} = 0.5 \times \frac{(4.49 \text{ m/s})^2}{2 \times (9.81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{Lm1} = 0.514 \text{ m}$$

3.4.3.1 Accesorios

Dicho elemento permite cambiar la dirección del flujo o para aumentar o disminuir sección de conducción.

Datos:

2 codos a 45°

$V_3 = 4.49 \text{ m/s}$

$K = 16 f_T$

$f_T = 0.013$

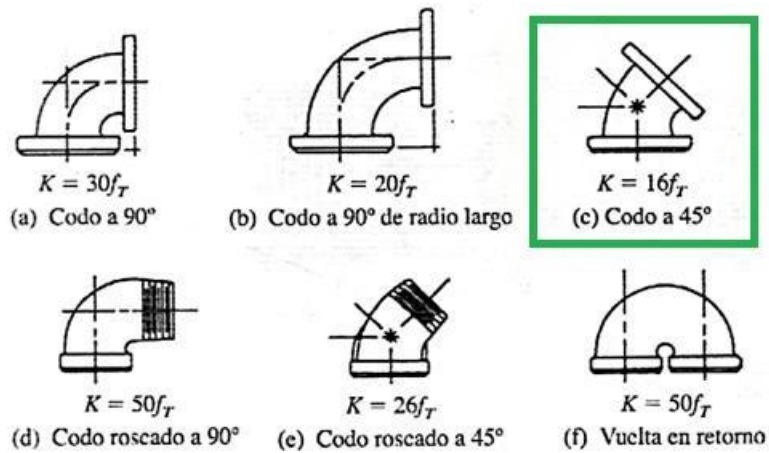


Fig. 46. Codos de tubería

Fuente: [22]

Tabla 83. Factor de fricción en la zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial, nueva y limpia

Tamaño	Factor de fricción	Tamaño nominal	Factor de fricción
½	0.027	3½, 4	0,017
¾	0.025	5	0,016
1	0.023	6	0,015
1 ¼	0.022	8-10	0,014
1 ½	0.21	10-12	0,013
2	0.019	18-24	0.02
2 ½, 3	0.018	24-60	0,009

Fuente: [22]

$$h_{Lm2} = K \times \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{Lm2} = 16(0.013) \times \frac{(4.49 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{Lm2} = 0.2137 \text{ m} \times 2$$

Se multiplica por 2 codos que posee la tubería de presión.

$$h_{Lm2} = 0.4274 \text{ m}$$

3.4.3.2 Válvulas mariposa

Es un accesorio que se ubica antes del cuarto de máquinas para controlar el ángulo de ingreso, velocidad de giro hacia la turbina.

Datos:

$$V_4 = 6.22 \text{ m/s}$$

$$K = 45 f_T$$

$$f_T = 0.013$$

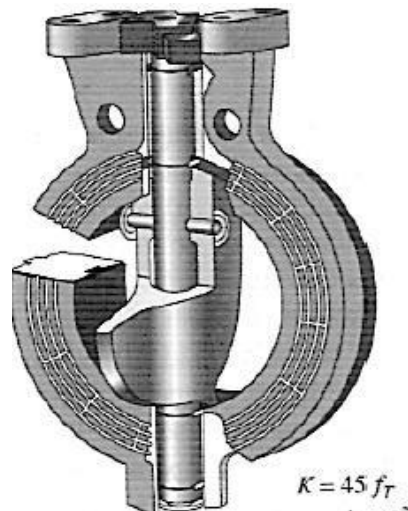


Fig. 47. Válvula mariposa

Fuente: [22]

$$K = 45 f_T$$

$$K = 45 \times 0.013$$

$$K = 0.585$$

$$h_{Lm3} = K \times \frac{V_4^2}{2g}$$

$$h_{Lm3} = 0.585 \times \frac{(4.49 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{Lm3} = 0.60 \text{ m}$$

Para comprobar la caída de presión se realiza la sumatoria de las pérdidas existentes en el tramo de conducción, presión, cuarto de máquinas, accesorios que interviene para el sistema de conducción como: codos y válvulas.

Datos:

$$h_{L1} = 0,174 \text{ m}$$

$$h_{L2} = 0.869 \text{ m}$$

$$h_{L3} = 0.241 \text{ m}$$

$$h_{Lm1} = 0.514 \text{ m}$$

$$h_{Lm2} = 0.2139 \text{ m}$$

$$h_{Lm3} = 0.585 \text{ m}$$

$$\sum total = (0.174 + 0.869 + 0.241 + 0.514 + 0.2139 + 0.585)m$$

$$\sum total = 2.769 \text{ m}$$

entonces:

$$H_{L\text{TOTAL}} = 2.769 \text{ m}$$

3.4.4 Caída de presión máxima admisible

Es la caída máxima de presión que admite el sistema, para garantizar su funcionamiento óptimo de los siguientes parámetros: la potencia generada, la velocidadde la turbina, etc.

3.4.4.1 Caída de presión en el tramo I

Datos:

$$f_1 = 0.3175$$

$$L_1 = 3.60 \text{ m}$$

$$\delta = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

$$Q = 0.3175 \text{ m}^3$$

$$D_1 = 0.3 \text{ m}$$

Cálculos:

$$\Delta P_1 = \frac{8 \times f \times L \times \delta \times Q^2}{\pi^2 \times D^5} \quad (16)$$

$$\Delta P_1 = \frac{8 \times 0.014085 \times 3.6 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times (.3175 \text{ m}^3)^2}{\pi^2 \times (0.3 \text{ m})^5}$$

$$\Delta P_1 = 1705,02 \text{ Pa}$$

3.4.4.2 Caída de presión en el tramo II

Datos:

$$f_2 = 0.014085$$

$$L_2 = 18 \text{ m}$$

$$\delta = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

$$Q = 0.3175 \text{ m}^3$$

$$D_2 = 0.3175 \text{ m}$$

$$\Delta P_2 = \frac{8 \times f \times L \times \delta \times Q^2}{\pi^2 \times D^5}$$

$$\Delta P_2 = \frac{8 \times 0.009504729 \times 18 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times (0.3175 \text{ m}^3)^2}{\pi^2 \times (0.3 \text{ m})^5}$$

$$\Delta P_2 = 8526.74 \text{ Pa}$$

3.4.4.3 Caída de presión en el tramo III

Cálculo de la válvula de ingreso hacia la turbina.

Datos:

$$f_2 = 0.014085$$

$$L_2 = 5 \text{ m}$$

$$\delta = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

$$Q = 0.3175 \text{ m}^3$$

$$D_2 = 0.3 \text{ m}$$

$$\Delta P_3 = \frac{8 \times f \times L \times \delta \times Q^2}{\pi^2 \times D^5}$$

$$\Delta P_3 = \frac{8 \times 0.014085 \times 5 \text{ m} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (0.3175 \text{ m}^3)^2}{\pi^2 \times (0.3 \text{ m})^5}$$

$$\Delta P_3 = 2368.54 \text{ Pa}$$

Sumatoria de las caídas de presión máximas admisibles:

$$\Delta P_1 = 1705.34 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_2 = 8526.74 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_3 = 2368.54 \text{ Pa}$$

$$\sum total = (1705.34 + 8526.74 + 2368.54) \text{ Pa}$$

$$\sum total = 12600.63 \text{ Pa}$$

En el sistema existe pérdidas totales de energía de 2.769 m que convertidas a presión es:

$$\Delta P_{max} = 2.769 \text{ m} \times \text{peso específico del agua a } 15^\circ\text{C}$$

$$\Delta P_{max} = 2.769 \text{ m} \times 9800 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

$\Delta P_{max} = 27136.2 \text{ Pa}$ esta caída de presión debe ser menor a la presión máxima admisible del sistema

Entonces:

$$\sum total \text{ pérdidas de sistema} \leq \Delta P_{max}$$

Dónde:

$$\sum total \text{ pérdidas de sistema} = 27136.2 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{max} = 12600.63 \text{ Pa}$$

Comparación:

$$12600.63 \text{ Pa} < 27136.2 \text{ Pa}$$

Por lo tanto:

La caída de presión del sistema es menor a la admisible y cumple los parámetros de diseño.

3.4.5 Determinación de la altura neta

Se calcula con la diferencia entre el salto bruto y las pérdidas de carga producidas en todo el sistema de tuberías de conducción. Representa la máxima energía que se podrá transformar en energía cinética en mecánica.

Calcular la altura neta.

Datos:

$$Hb = 93.22 \text{ m}$$

$$H_{L\text{TOTAL}} = 2.769\text{m}$$

Cálculos:

$$Hn = Hb - H_{L\text{TOTAL}} \quad (17)$$

$$Hn = (10 - 2.769)\text{m}$$

$$Hn = 7.231 \text{ m}$$

3.4.6 Potencia de la Minicentral

La minicentral hidroeléctrica dispone de la potencia hidráulica en relación al caudal existente y la altura neta disponible para producir en dicho proyecto.

Datos:

$$Q = 0.3175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Hn = 10 \text{ m}$$

$$\eta_T = 93.5 \%$$

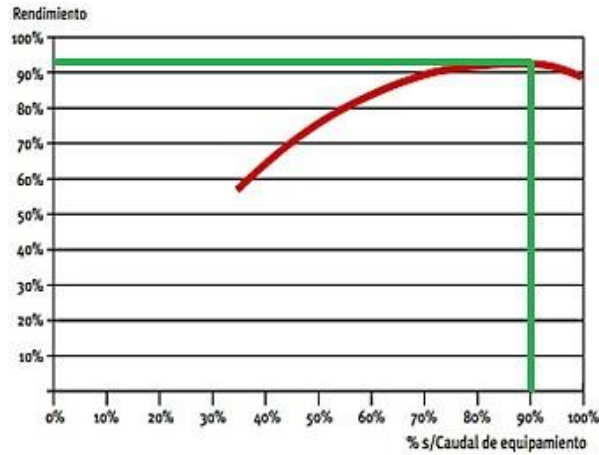


Fig. 48. Rendimiento turbina Francis

Fuente:[21]

$\eta_g = 96.6\%$ eficiencia del generador

$$P_{neta} = \gamma \times \eta_g \times \eta_T \times Q \times H_n \quad (18)$$

$$P_{neta} = 9800 \frac{N}{m^3} \times 0.935 \times 0.966 \times 0.3175 \frac{m^3}{s} \times 7.213 m$$

$$P_{neta} = 20.27 KW$$

3.4.7 Cálculo de espesor de tuberías

Para el cálculo de espesores en tuberías se refiere según el catálogo de tuberías de hierro dúctil de la Empresa SAIN GOBAIN. Este catálogo provee de valores mínimos de espesores de tuberías que están en función de las presiones máximas que podría soportar dichos espesores.

3.4.7.1 Cálculo de espesor en los tramos

Constan de un análisis de esfuerzos radiales y axiales que se producen en la tubería del tramo. Ya que se unifico el diámetro en toda la sección del proyecto.

Esfuerzo permitido básico S a $20^\circ C (68^\circ F) = 19300 psi$ según el ANEXO 8.

$$P_2 = 1.39 psi$$

$$D_1 = 0.3 \text{ m} = 1.1.81 \text{ plg}$$

$$R_1 = \frac{D_1}{2} = 5.905 \text{ plg}$$

$$E = 0.85$$

$$t_1 = \frac{P_2 + R_1}{S \times E_c - 0.6 \times P_2} \quad (19)$$

$$t_1 = \frac{1.39 \text{ psi} + 5.95 \text{ plg}}{19300 \text{ psi} \times 0.85 - 0.6 \times 1.39 \text{ psi}}$$

$$t_1 = 0.000447 \text{ plg}$$

El espesor mínimo según el catálogo es 5.16mm soportando una presión 570 psi suficiente para la seguridad del Proyecto.

3.4.7.2 Presión adicional de carga estática

Se encuentra en reposo, que va desde el nivel de la tubería de conducción proveniente del canal de riego hasta el nivel de la turbina.

Datos:

$$Z_1 = 2 \text{ m}$$

$$\gamma = 9800 \text{ N/m}^3 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

Cálculos:

$$P_{f1} = Z_1 \times \gamma \quad (20)$$

$$P_{f1} = 2 \text{ m} \times 9800 \text{ N/m}^3$$

$$P_{f1} = 19600 \text{ Pa} = 2.86 \text{ psi}$$

Se establece el espesor de la tubería de conducción para todos los tramos sin tomar en cuenta el golpe de ariete la cual se considera más adelante.

Según el resultado que se obtiene, existe comercialmente el acero ANSI/AWWA C150/A21.50-96, ISO 10803 y EN545 es 5.16 mm, Según el ANEXO 8

3.4.8 Presión máxima admisible

Se calcula al despejar $P_3 \text{ max}$ de la ecuación 1.23 y se comprueba el espesor calculado.

Esfuerzo permitido básico S a $20^\circ\text{C}(68^\circ\text{F}) = 19300 \text{ psi}$ según el ANEXO 8

$$P_{f2} = 111.48 \text{ psi}$$

$$R_2 = \frac{D_2}{2} = 49.21 \text{ plg}$$

$$E = 0.85$$

$$t_{f2} = 1.0 \text{ plg}$$

$$t_2 = \frac{(P_3 + P_{f2}) \times R_2}{S \times E_c - 0.6 \times P_3}$$

$$P_3 = \frac{S \times E_c \left(t_2 - \frac{P_{f2} \times R_2}{S \times E_c} \right)}{R_2 + 0.6 t_{f2}}$$

$$P_3 = \frac{19300 \text{ psi} \times 0.85 \left(1.0 \text{ plg} - \frac{111.48 \text{ psi} \times 49.21 \text{ plg}}{19300 \text{ psi} \times 0.85} \right)}{49.21 \text{ plg} + 0.6(1.0 \text{ plg})}$$

$$P_3 = 219.21 \text{ psi} = 1.510 \text{ MPa}$$

3.4.9 Cálculo de chimenea de equilibrio

La función primordial de una chimenea de equilibrio es desahogar los efectos de sobre presión producidos por el golpe de ariete en la tubería de presión.

Datos:

$$L_2 = 18 \text{ m tubería presión}$$

$$V_2 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$Hb = 10 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Cálculos:

$$t_h = \frac{V \times L}{g \times Hb}$$

$$t_h = \frac{4.49 \text{ m/s} \times 18 \text{ m}}{9.81 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ m}}$$

$$t_h = 0.8238 \text{ s}$$

Por lo tanto:

No se considera necesario la instalación de una chimenea de equilibrio ya que el tiempo de retorno es 0.8 segundos un valor inferior a cinco segundos, el tiempo que transcurre al aumentar la dotación de caudal que sobrepasa el punto de equilibrio, por la cual se llena exponiendo el nivel de seguridad y se crea una contrapresión que decelera el agua en la tubería, y cuando esta llega a cero, el nivel descenderá para alcanzar un nuevo equilibrio.

Entonces:

$t_h = 0.823 \text{ s} < 5 \text{ s}$, no es necesaria la instalación de una chimenea de equilibrio

3.4.10 Cálculo de golpe de ariete

Es el exceso de presión que soporta la tubería en forma de onda, a una velocidad que puede superar la velocidad del fluido permitido, y se establece como tiempo crítico (T_c), es el tiempo que se demora una onda de presión en recorrer todo el sistema de conducción de tubería hasta volver a su punto de origen.

Cálculo de la velocidad de la onda en el interior de la tubería:

Datos:

Módulo de elasticidad del Acero A 36: $E = 250 \text{ MPa}$

$$K = 2.2 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \text{ a } 20^\circ\text{C}$$

Tabla 84. Módulo de elasticidad del agua

Temperatura °C	Módulo elasticidad EMpa
0	2040
5	2060
10	2110
20	2200
40	2270
60	2280
80	2210
100	2070

Fuente: [22]

$$\delta = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 15^\circ\text{C}$$

$$D_2 = 0.3 \text{ m}$$

$$t_2 = 1 \text{ plg} = 0.0254 \text{ m}$$

$$C = \sqrt{\frac{\frac{K}{\delta}}{1 + \frac{K \times D_2}{E \times t_2}}} \quad (21)$$

$$C = \sqrt{\frac{\frac{(2.1 \times 10^9) \text{ N/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3}}{1 + \frac{(2.1 \times 10^9) \text{ N/m}^2 \times 0.3 \text{ m}}{250 \text{ MPa} \times 0.0254 \text{ m}}}}$$

$$C = 14.55 \text{ m/s}$$

velocidad de onda en el interior de la tubería

Calcular el tiempo crítico de cerrado:

$$T_c = \frac{2 \times L}{C} \quad (22)$$

$$T_c = \frac{2 \times 18 \text{ m}}{14.55 \text{ m/s}}$$

$$T_c = 2.47 \text{ s}$$

Calcular la sobrepresión generada por el golpe de ariete:

$$P_r = \frac{C \times V_3 \times \gamma}{g} \quad (23)$$

$$P_r = \frac{14.55 \text{ m/s} \times 4.49 \text{ m/s} \times 9800 \text{ N/m}^3}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$P_r = 65.28 \text{ KPa} = 9.53 \text{ psi}$$

Entonces la presión máxima que soporta la tubería de presión es:

$$P_T = P_r + P_4$$

$$P_T = (9.53 + 9.25) \text{ psi}$$

$$P_T = 18.78 \text{ psi}$$

3.4.11 Selección de válvula mariposa

Para la selección de la válvula mariposa en centrales hidroeléctricas se utiliza varios factores de selección, lo cuales dependen de la velocidad del fluido, presión interna, velocidad de apertura.

Se instala un bypass compuesto por una tubería y una válvula: una automática para control y una manual para mantenimiento. Con este dispositivo de bypass se pueden equilibrar las presiones aguas arriba y aguas abajo de la válvula. Opcionalmente se instalan carretes telescópicos de desmontaje.

Datos:

$$V_4 = 4.49 \text{ m/s}$$

$$Hb = 10 \text{ m}$$

Con estos datos se ingresa en la curva de la Fig. 48.

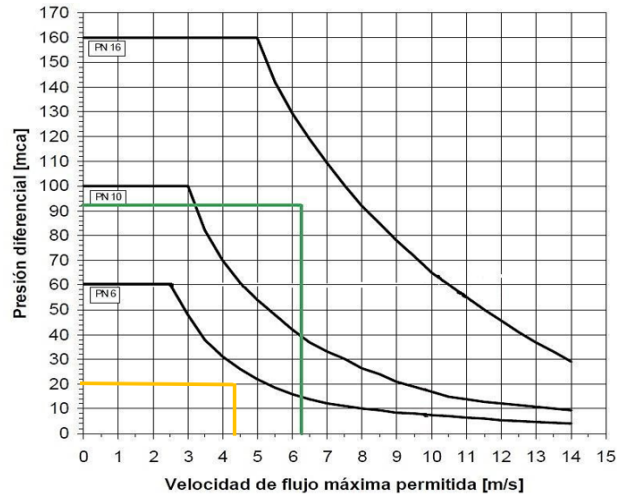


Fig. 49. Curva de límite de velocidad VAC VKN

Fuente:[22]

Según la curva del fabricante, recomienda una válvula PN 6 para nuestro diseño.

Características de la válvula PN16:

Válvula de mariposa doble excéntrica.

Izquierda: con actuador por des multiplicador y volante.

Derecha: actuador por contrapeso y cilindro hidráulico.

Las válvulas de doble excentricidad son de estanqueidad en ambos sentidos de paso del fluido y pueden fabricarse para altas presiones.

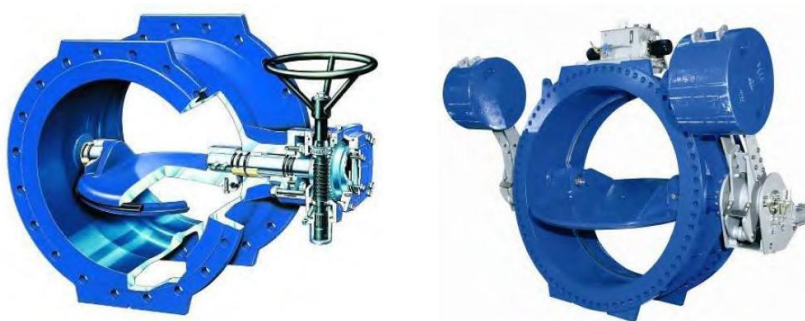


Fig. 50. Válvula mariposa PN6

Fuente:[23]

3.4.12 Selección de la turbina hidráulica

Para la selección de una turbina acorde a las necesidades de la central hidroeléctrica, se requiere la siguiente información:

Datos:

$$Q = 0.3175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_b = 10 \text{ m}$$

Se inicia la selección de la turbina utilizando las curvas de la Fig.50. Donde se ingresa con el caudal de diseño y el salto bruto.

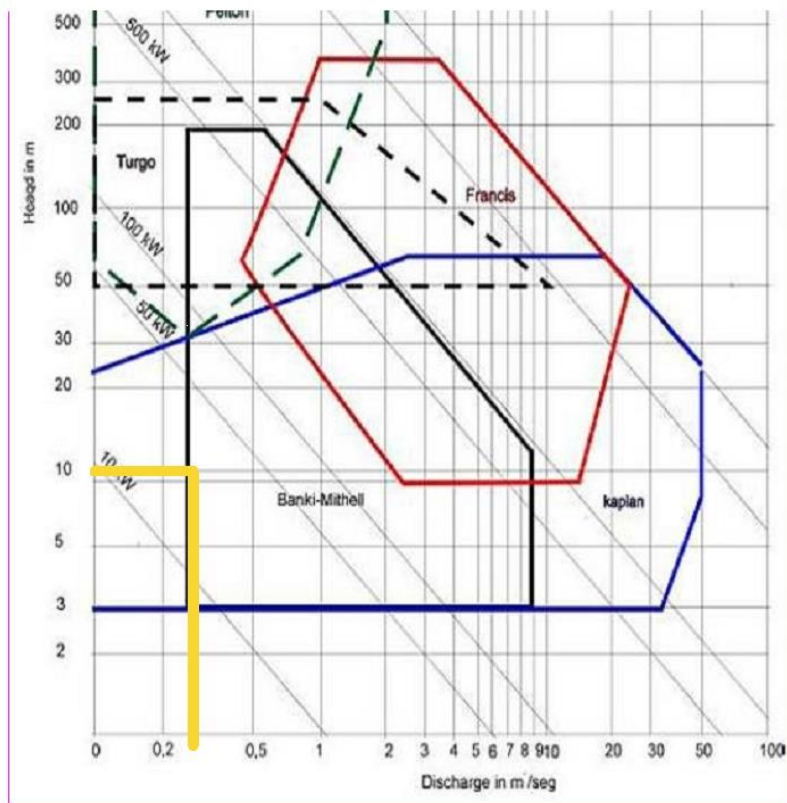


Fig. 51. Curvas de selección de turbinas hidráulicas

Fuente: Fluidos, 2014, pág. 32

Según la figura 50. con la información ingresada de una caudal $Q = 0.3175 \text{ m}^3/\text{s}$, y un salto bruto $H_b = 10 \text{ m}$, se obtiene de manera preliminar una turbina Mitchell Banki de 50 Kw, esta selección se comprueba más adelante. Esta turbina se caracteriza por recibir el fluido de agua en dirección radial, y a medida que ésta recorre la máquina hacia la salida se convierte en dirección axial. Estos tipos de turbinas pueden ser de eje horizontal,

o de eje vertical, dependerá principalmente de la cantidad de caudal a las que sean requeridas.

Para el cuarto de máquinas se seleccionó un sistema prefabricado de Kubic la cual servirá para la casa de máquinas, dando resguardo y seguridad a la turbina y al sistema de generación eléctrica. ANEXO 9.

CAPÍTULO IV

4.1 Conclusiones

- En el tramo +0.00 km hasta +4.24 km del canal de riego Ambato-Huachi-Pelileo existe 5 módulos, un aliviadero y acometida para tratamiento de agua potable.
- El módulo 1 posee un caudal de 392 lt/s generando un potencial bruto de 37,65 kw a desnivel topográfico de 10 metros.
- El módulo 2 posee un caudal de 308 lt/s con un potencial bruto de 3.02 Kw.
- El módulo 3 posee un caudal de 302 lt/s con un potencial bruto de 2.97 Kw.
- El módulo 4 posee un caudal de 248 lt/s con un potencial bruto de 2.43 Kw.
- El módulo 5 con caudal de 288 lt/s con un potencial bruto de 2.83 Kw.
- El Módulo 1 reúne las siguientes características: desnivel topográfico de 10 metros, una infraestructura comprendida por un aliviadero, compuertas reguladoras de caudal, tubería de conducción desde el canal hacia la cámara de carga, cámara de carga y el aliviadero que está compuesto por 4 piscinas. Siendo óptimo para la hidro generación.
- El diámetro obtenido en el tramo de conducción es 0.30 m, de tubería y los accesorios de hierro dúctil, se ha utilizado 2 codos de 45°, para el tramo de conducción y una válvula mariposa para regular el ángulo de ingreso de caudal hacia la turbina.
- La turbina seleccionada para la minicentral hidroeléctrica es turbina Michell Banki, recibe el fluido de agua en dirección radial y a la salida se convierte en dirección axial, óptimas para minicentrales de poca altura y caudal.

4.2 Recomendaciones

- El canal de Riego Ambato-Huachi-Pelileo se da un mantenimiento de 2 veces por año de manera manual presentando mayor acumulación de vegetación en la misma, lo cual se optimizará su infraestructura y funcionamiento con mayores veces de mantenimiento durante el año y con equipo mecánico.
- En el canal de riego posee un acceso vial de 5 metros en todo el trayecto y en la otra parte, la existencia de taludes con poco mantenimiento, la misma de la cual provoca desprendimiento ocasionando obstrucciones en la circulación del canal, de la cuales necesita una estabilización en los taludes y una vía pavimentada.
- Debido al constante tránsito de tanqueros para el abastecimiento de agua el acceso, necesita un mantenimiento de su infraestructura en el tramo inicial del canal
- Elaborar una ficha de campaña para su correcta tabulación de datos hidráulicos y topográficos.
- Para la toma de datos de velocidad hidráulica del cauce las aspas del molinete DMM-4000 se debe colocar en dirección paralela al flujo y evitar turbulencia en el transcurso del agua, y evitar alteraciones en las mediciones de la velocidad.
- Revisar el estado de la batería del molinete DMM-4000 previo a la toma de datos de la velocidad del fluido en el caudal.
- En el levantamiento topográfico, la estación debe estar bien calibrada y poseer varios prismas para dicha actividad.

Referencias Bibliográficas

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Galilea, J. Lopez, and E. Martínez, “Micro hidro generación en canales de riego,” pp. 145–150, 2014.
- [2] F. E. Sierra, A. F. Sierra, and C. A. Guerrero, “Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica,” pp. 73–85, 2011.
- [3] M. A. Montiel G, L. F. Velázquez Sierra, and A. O. Duarte, “Construcción de una central minieléctrica para la venta y/o autoconsumo de energía eléctrica en el módulo de riego IV-1 ‘Culiacancito’ A.C.,” 2018.
- [4] C. E. Cruz Herrera, E. Lara Ponce, and B. Ramírez Valverde, “Gestión socioambiental sustentable en la comunidad Ixil De Chel, Chajul, Él Quiché Guatemala. Estudio de caso: hidroeléctrica comunitaria,” *Econ. y Soc.*, vol. 23, no. 53, p. 1, Jun. 2018, doi: 10.15359/eyes.23-53.6.
- [5] L. P. Morales S., “Estudio y caracterización hidráulica del óvalo 5 al óvalo 9 del canal de riego Ambato- Huachi- Pelileo, cantón Ambato, Provincia de Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [6] E. de M. Tena and A. J. Hernández, *Nuestro medio ambiente*, Centro Cul. Santo Domingo, 2014.
- [7] Arconel, “Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2015,” in *24/01/18*, 2018, vol. 2015, pp. 1–300, [Online]. Available: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00343.pdf>.
- [8] C. Federico, S. Teodoro, V. Bruno, and S. Jorge, *MANUAL DE MINI Y MICROCENTRALES HIDRAULICAS*, Vol 1. Lima, 1996.
- [9] R. Ortiz, *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*, Primera ed., vol. Primera Ed. Bogotá, 2011.
- [10] X. Criollo and C. Quezada, “Diseño de una mini central de energía hidroeléctrica en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cuenca,” Universidad Politécnica Salesiana, 2011.
- [11] G. Tomás, “Atlas potencial Hidroenergético,” *Atlas Potencial Hidroenergético Colomb.*, pp. 25–36, 2015, [Online]. Available: http://www1.upme.gov.co/Documents/Atlas/Atlas_p25-36.pdf.
- [12] P. A. Mendoza, “Control electrónico de una central micro-hidráulica para su aplicación en generación distribuida,” Universidad de Chile, 2006.
- [13] P. A. Jiménez, “Modelamiento Y Control De Una Central Micro-Hidráulica,” Universidad de Chile, 2013.
- [14] O. Gonzalo and M. Panchi, “Modelación Y Diseño Digital Para Micro – Centrales De Generación Hidroeléctrica,” 2008.
- [15] D. C. Mora and J. M. Hurtado, “Guía para estudios de prefactibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas como parte de sistemas híbridos,” Pontificia Universidad

- Javeriana, 2004.
- [16] OLADE, “El desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas en Latinoamérica y El Caribe,” Panamá, 1980.
 - [17] A. Castro, “Minicentrales hidroeléctricas,” in *Manuales de energías renovables*, vol. 6, 2006, p. 174.
 - [18] R. Vélez, “Factibilidad de sistemas de micro y mini hidroeléctricas comunitarias rurales en el Azuay,” UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2013.
 - [19] PAM SAINT-GOBAIN, “Catálogo de Productos: Tuberías, válvulas y accesorios en hierro dúctil para sistemas de acueducto, alcantarillado, riego e industrial,” 2012.
 - [20] R. Ortiz Florez, *Pequeña Central Hidroeléctrica*, Ediciones. Bogotá, 2011.
 - [21] S. A. M. L. Edwin Daniel Mena Lema, “Diseño y simulación hidráulica para una central hidroeléctrica con una capacidad de generación de 16.8MW.,” 2015.
 - [22] R. Mott, *Mecánica de fluidos*, Sexta edic. Mexico, 2006.
 - [23] Genebre, “Válvula de mariposa tipo wafer Butterfly valve wafer type Características,” 2013.

ANEXOS.

ANEXO FOTOGRAFICO

Toma de puntos	Estación total
	
Levantamiento de puntos	Aliviadero
	
Canal Ambato-Huachi-Pelileo	Medición de Caudal
	