



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



CONSTANCIA DE EVALUACION DE ORIGINALIDAD
ID. N° 108813746

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis de similitud con el software de verificación de Turnitin al documento de **INFORME FINAL DE TESIS** cuyo título es:

Diseño hidráulico con máxima eficiencia hidráulica para optimizar funcionamiento del canal de riego Marcanta, en el distrito de Carmen Salcedo, Lucanas, Región Ayacucho

presentado por:

ROYER FAUSTO GUERRA POMA

Bachiller del nivel de PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Civil. El Informe de Originalidad reporta 4% **Índice de Similitud**, porcentaje que se encuentra dentro del margen permitido, por tanto, el calificativo es **APROBADO**, según el Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente, el Informe de Originalidad Turnitin -iThenticate- con el reporte de originalidad.

Ica, 10 de mayo de 2024

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN


Dra. Edith Isabel Guerra Landa
DIRECTORA

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Civil



Diseño hidráulico con máxima eficiencia hidráulica para optimizar
funcionamiento del canal de riego Marcanta, en el distrito de
Carmen Salcedo, Lucanas, Región Ayacucho

Línea de Investigación:

Recursos hídricos, Riesgo de desastres y Cambio climático

INFORME FINAL DE TESIS

Autor

BACH. ROYER FAUSTO GUERRA POMA

Ica, Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios, porque llenaste mi corazón con la luz de tu espíritu permitiendo cumplir esta meta, gracias porque nunca me abandonaste y por darme una excelente familia. A mis padres Fausto Guerra Borda y Zoni Poma Antezana, por haberme guiado a ser la persona que soy en la actualidad y por impulsarme a ser cada día mejor; muchos de mis logros se los debo a ustedes. Me formaron con carácter y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada formador que hizo parte de este proceso integral de formación, personas que con su sabiduría se han esforzado por orientarme hasta el punto en el que me encuentro.

No ha sido sencillo, pero gracias a su entusiasmo y aliento de transmitirme sus conocimientos y a sus útiles críticas de este trabajo de investigación, he podido lograr importantes objetivos como este.

ÍNDICE

DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE	iii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Identificación de problemas	2
1.1.1 Problema general	2
1.1.2 Problemas específicos	3
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	3
1.3.1 Hipótesis general	3
1.3.2 hipótesis específicas	3
1.4 Antecedentes de investigación	3
1.4.1 Antecedentes a nivel internacional	3
1.4.2 Antecedentes a nivel nacional	5
1.4.3 Antecedentes a nivel local	6
1.5 Contenido de capítulos	6
CAPÍTULO II: ESTRATEGIA METODOLÓGICA	7
2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación	7
2.1.1 Tipo de investigación	7
2.1.2 Nivel de investigación	7
2.1.3 Diseño de Investigación	7
2.1.4 Población y muestra	7
2.1.4.1 Población de estudio	7
2.1.4.2 Muestra de estudio	7
2.1.5 Criterios de Inclusión y Exclusión	7
2.1.5.1 Criterios de Inclusión	7
2.1.5.2 Criterios de Exclusión	7
2.1.6 Técnicas de recolección de datos	7
2.1.7 Instrumentos de recolección de datos	7
2.1.8 Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos	8
2.1.9 Procedimientos	8

CAPÍTULO III: RESULTADOS	9
3.1 Desarrollo de la Investigación	9
3.1.1 Información de la zona a investigar	9
3.1.1.1 Ubicación Geográfica	9
3.1.1.2 Acceso a la zona de estudio	10
3.1.1.3 Aspecto socioeconómico	11
3.1.1.4 Descripción del área de estudio	12
3.1.2 Estudios básicos	12
3.1.2.1 Estudio topográfico	12
3.2 Presentación de los Resultados	13
3.2.1 Geometría del canal actual	13
3.2.2 Parámetros hidráulicos	16
3.2.3 Pérdidas por infiltración	34
3.2.4 Evaluación de propuestas de mejoramiento	38
3.2.5 Evaluación de la eficiencia del canal actual	37
3.2.6 Propuesta técnica de mejoramiento	38
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN	51
4.1 Interpretación y Discusión de Resultados	51
4.2 Comprobación de Hipótesis	53
4.2.1 Contrastación de Hipótesis General	53
4.2.2 Contrastación de Hipótesis Específicas	53
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	54
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	55
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I: Acceso a la zona de estudio	11
Tabla II: Características geométricas en perfil del canal actual	16
Tabla III: Cálculo de la velocidad promedio en el canal actual Tramo 2	17
Tabla IV: Valores de la rugosidad de Manning	18
Tabla V: Parámetros hidráulicos del canal existente (Hcanales V3.1)	22
Tabla VI: Coordenadas de la sección de inicio aguas abajo	23
Tabla VII: Correcciones de nivel y longitudes aguas abajo	25
Tabla VIII: Resultados de la simulación con HEC-RAS 4.1.0 – Canal existente	34
Tabla IX: Resumen de pérdidas por infiltración	37
Tabla X: Relación b/y para secciones rectangulares de MEH	38
Tabla XI: Relación b/y para secciones rectangulares de mínima infiltración	39
Tabla XII: Resumen de parámetros hidráulicos del canal de concreto	44
Tabla XIII: Resumen de pérdidas por infiltración en el canal de concreto	47
Tabla XIV: Secciones circulares con tubería PVC – relación $y/d=0.75$	50
Tabla XV: Comparativo de principales parámetros hidráulicos	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista de una zona de desborde del canal	1
Figura 2. Vista de la sinuosidad del canal	2
Figura 3. Vista de las irregularidades de la sección del canal	2
Figura 4. Ubicación geográfica del departamento de Ayacucho	9
Figura 5. Ubicación geográfica de la provincia de Lucanas	10
Figura 6. Ubicación del distrito de Carmen Salcedo	10
Figura 7. Tramo Ica – Andamarca	11
Figura 8. Esquema de la planta del canal Marcanta actual	14
Figura 9. Ubicación del canal Marcanta respecto al centro poblado Andamarca	14
Figura 10. Vista del inicio del canal Marcanta	14
Figura 11. Vista del final del canal Marcanta	15
Figura 12. Esquema del perfil longitudinal del canal actual	15
Figura 13. Sección transversal promedio para el aforo de caudal	17
Figura 14. Vista del canal con agua en temporada de riego	18
Figura 15. Vista del fondo del canal en época de sequía	18
Figura 16. Dimensiones equivalentes para usar con Hcanales V3.1	19
Figura 17. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 1 – $S=0.017$ m/m	19
Figura 18. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 2 – $S=0.00224$ m/m	20
Figura 19. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 3 – $S=0.12929$ m/m	20
Figura 20. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 4 – $S=0.01767$ m/m	20
Figura 21. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 5 – $S=0.0082$ m/m	21
Figura 22. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 6 – $S=0.02163$ m/m	21
Figura 23. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 7 – $S=0.00229$ m/m	21
Figura 24. Coordenadas de la sección transversal de inicio para HEC-RAS	22
Figura 25. Creación del proyecto canal Marcanta	23
Figura 26. Buscando al editor de datos geométricos	23
Figura 27. Ingreso de la geometría del canal	24
Figura 28. Ingreso de coordenadas de la primera sección transversal aguas abajo	24
Figura 29. Apertura del Manual del HEC-RAS a través del programa	25
Figura 30. Ingreso de la corrección de elevación para la siguiente sección	26
Figura 31. Ingreso del caudal para la simulación del canal	26
Figura 32. Condiciones de borde del canal con pendientes conocidas	27
Figura 33. Análisis unidimensional en flujo mixto	27
Figura 34. Simulación en régimen de flujo mixto	28

Figura 35. Advertencias de error de una sección transversal	28
Figura 36. Buscando la opción de interpolación	29
Figura 37. Ventana de interpolación de secciones transversales	29
Figura 38. Vista de las nuevas secciones insertadas	30
Figura 39. Sección transversal progresiva 1+620	30
Figura 40. Sección transversal progresiva 1+500	31
Figura 41. Sección transversal progresiva 0+528	31
Figura 42. Sección transversal progresiva 0+500	31
Figura 43. Sección transversal progresiva 0+320	32
Figura 44. Sección transversal progresiva 0+220	32
Figura 45. Sección transversal progresiva 0+140	32
Figura 46. Sección transversal progresiva 0+000	33
Figura 47. Vista general del Perfil longitudinal del flujo en el canal de tierra	33
Figura 48. Vista en zoom del Perfil de flujo en la progresiva 0+528	33
Figura 49. Vista del Perfil de flujo en la progresiva 0+500	34
Figura 50. Cálculo de pérdidas por infiltración, tramo 1	35
Figura 51. Cálculo de pérdidas por infiltración, tramo 2	35
Figura 52. Cálculo de pérdidas por infiltración, tramo 3	35
Figura 53. Cálculo de pérdidas por infiltración, tramo 4	36
Figura 54. Cálculo de pérdidas por infiltración, tramo 5	36
Figura 55. Cálculo de pérdidas por infiltración, tramo 6	36
Figura 56. Cálculo de pérdidas por infiltración, tramo 7	37
Figura 57. Coordenadas para la sección de concreto con máxima eficiencia	40
Figura 58. Sección del canal de concreto – progresiva 1+620 aguas abajo	40
Figura 59. Sección del canal de concreto – progresiva 1+520	41
Figura 60. Sección del canal de concreto – progresiva 0+528	41
Figura 61. Sección del canal de concreto – progresiva 0+500	41
Figura 62. Sección del canal de concreto – progresiva 0+320	42
Figura 63. Sección del canal de concreto – progresiva 0+220	42
Figura 64. Sección del canal de concreto – progresiva 0+140	42
Figura 65. Sección del canal de concreto – progresiva 0+000 agua arriba	43
Figura 66. Perfil general del flujo en el canal con sección de concreto	43
Figura 67. Perfil con acercamiento sección de concreto 0+500	43
Figura 68. Perfil con acercamiento sección de concreto 0+528	44
Figura 69. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 1	45
Figura 70. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 2	45
Figura 71. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 3	45

Figura 72. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 4	46
Figura 73. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 5	46
Figura 74. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 6	46
Figura 75. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 7	47
Figura 76. Sección circular sub tramo 1 – PVC	48
Figura 77. Sección circular sub tramo 2 - PVC	48
Figura 78. Sección circular sub tramo 3 - PVC	48
Figura 79. Sección circular sub tramo 4 – PVC	49
Figura 80. Sección circular sub tramo 5 – PVC	49
Figura 81. Sección circular sub tramo 6 - PVC	49
Figura 82. Sección circular sub tramo 7 - PVC	50

RESUMEN

Ante la situación problemática que afrontan los usuarios del canal de riego Marcanta ubicado en el distrito de Carmen Salcedo, Lucanas, Ayacucho, la presente investigación aportó una solución técnica para optimizar el aprovechamiento hidráulico en beneficio de los agricultores del lugar. Como principal objetivo se desarrolló un análisis hidráulico que comprendió la determinación de las características geométricas y parámetros hidráulicos del canal que sirvieron para proponer un diseño con máxima eficiencia que mejore el funcionamiento del canal. El caudal disponible para el canal existente es $Q = 0.026 \text{ m}^3/\text{seg}$, identificando que en general el flujo del canal es supercrítico y debido a sus pendientes se generan velocidades erosivas que han propiciado las pérdidas de agua por infiltración en un orden de 5.10% y pérdida de eficiencia en la conducción de 11.54%. Se concluye que existe la necesidad de mejorar el funcionamiento del canal existente manteniendo sus pendientes actuales donde se proponen dos alternativas de solución evaluadas desde el punto de vista hidráulico consistentes en el uso de sección transversal de concreto de máxima eficiencia hidráulica de 0.35m por 0.40m (base y altura total) o el uso de tuberías PVC de diámetros variables alojadas en el lecho del canal existente, con flujo supercrítico, con lo cual se afirma la hipótesis principal planteada.

La investigación se centró en un enfoque cuantitativo aplicado, con nivel descriptivo y correlacional, con cuya metodología se logró obtener la información necesaria para desarrollar el análisis hidráulico.

Palabras Clave: diseño hidráulico, máxima eficiencia hidráulica, pérdidas por infiltración.

ABSTRACT

Given the problematic situation faced by the users of the Marcanta irrigation canal located in the district of Carmen Salcedo, Lucanas, Ayacucho, this research provided a technical solution to optimize hydraulic use for the benefit of local farmers.

The main objective was to develop a hydraulic analysis that included the determination of the geometric characteristics and hydraulic parameters of the channel that served to propose a design with maximum efficiency that improves the operation of the channel. The available flow for the existing channel is $Q = 0.026 \text{ m}^3/\text{sec}$, identifying that in general the channel flow is supercritical and due to its slopes, erosive velocities are generated that have led to water losses due to infiltration in the order of 5.10%. and loss of driving efficiency of 11.54%. It is concluded that there is a need to improve the operation of the existing canal while maintaining its current slopes where two alternative solutions are proposed, evaluated from the hydraulic point of view, consisting of the use of concrete cross section with maximum hydraulic efficiency of 0.35m by 0.40m (base and total height) or the use of PVC pipes of variable diameters housed in the bed of the existing channel, with supercritical flow, which confirms the main hypothesis proposed.

The research focused on an applied quantitative approach, with a descriptive and correlational level, with whose methodology it was possible to obtain the necessary information to develop the hydraulic analysis.

Keywords: hydraulic design, maximum hydraulic efficiency, infiltration losses.

I. INTRODUCCIÓN

La investigación expone una propuesta hidráulica para optimizar el aprovechamiento hídrico del recurso agua mediante el diseño del canal de riego Marcanta, en el distrito de Carmen Salcedo, en la provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho.

La propuesta es una respuesta a la necesidad de aprovechar el agua para regar una superficie de cultivo de 27.90 hectáreas. Siendo el método de riego por gravedad, este no es uniforme demandando excesivas cantidades de agua y ocasiona un mal uso del agua.

En general, el manejo del agua en la agricultura presenta deficiencias que producen pérdidas de agua y procesos erosivos durante el riego. En su mayoría, la infraestructura de riego se distingue por obras de captación de tipo rústico, los canales excavados en tierra y de pequeña capacidad, las longitudes de los canales son relativamente grandes comparadas con el área bajo riego, aunque también existen algunos sistemas de riego con tomas permanentes y canales revestidos.

La mejora del canal permitiría incrementar los niveles de producción, beneficiando la comunidad de Andamarca que beneficiará a 129 familias, dándoles a los cultivos sus dotaciones de riego adecuadas, disminuyendo los altos costos de mantenimiento, reduciendo el número de limpiezas anuales. Generará a la vez empleo temporal durante la construcción. Por ello, es necesario analizar hidráulicamente la situación actual para evaluar una propuesta que permita lograr un mayor aprovechamiento del agua, ampliando la frontera agrícola a través de la incorporación de áreas cultivables al sistema bajo riego.



Figura 1. Vista de una zona de desborde del canal



Figura 2. Vista de la sinuosidad del canal



Figura 3. Vista de las irregularidades de la sección del canal

1.1 Identificación de problemas

1.1.1 Problema General

¿Cómo el diseño hidráulico con máxima eficiencia hidráulica optimizará el funcionamiento del canal de riego Marcanta, en el distrito de Carmen Salcedo, Lucanas, Región Ayacucho?

1.1.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cuáles son las características geométricas e hidráulicas del canal existente que influyen en su eficiencia hidráulica?
- b) ¿El análisis hidráulico del canal actual influye en el comportamiento real del flujo?
- c) ¿Qué modificaciones podrían evaluarse que influyan en la optimización del funcionamiento del canal?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar el diseño hidráulico con máxima eficiencia hidráulica para optimizar el funcionamiento del canal de riego Marcanta, en el distrito de Carmen Salcedo, Lucanas, Región Ayacucho.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar las características geométricas y parámetros hidráulicos actuales que influyen en su funcionamiento.
- b) Determinar el análisis hidráulico del canal actual que influye en el conocimiento del comportamiento real del flujo.
- c) Determinar las alternativas técnicas que influyen en la optimización de la eficiencia del canal.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis general

El diseño hidráulico con máxima eficiencia hidráulica optimiza el funcionamiento del canal de riego Marcanta, en el distrito de Carmen Salcedo, Lucanas, Región Ayacucho.

1.3.2 Hipótesis específicas

- a) Las características geométricas e hidráulicas del canal existente influyen en su eficiencia hidráulica.
- b) El análisis hidráulico del canal actual influye en el comportamiento real del flujo.
- c) Las modificaciones que podrían evaluarse influyen en la optimización del funcionamiento del canal.

1.4 Antecedentes de Investigación

1.4.1 Antecedentes a nivel internacional

J. Tovar et al. [1] planteó un nuevo diseño para mejorar el funcionamiento de canal de irrigación para el distrito de riego ASOJUNCAL, en una longitud de 3,247 km, utilizando una sección transversal trapezoidal de concreto armado con espesor de 15 cm, concluyendo que el canal existente en condiciones actuales se encuentra en un

estado crítico de deterioro debido a un mantenimiento deficiente y que la sección propuesta cumple con el objetivo de obtener una máxima eficiencia hidráulica, asegurando un funcionamiento para un tiempo estimado de 25 años.

J. Cando y S. Cango [2] afirman que su objetivo es hacer un Rediseño de un sistema de riego en cantón Saraguro, provincia de Loja, Ecuador. Siendo la muestra de estudio el sistema de riego de Chuchuchir en la parroquia de Saraguro. Aplican estudios de campo para la recopilación de datos y reconocimiento de zonas críticas, realizando el diseño con aplicación de guías, manuales y normas vigentes. Concluyen que es necesario construir un reservorio para controlar la cantidad y calidad de agua y regular debidamente la distribución del agua y el uso de canales entubados para mejorar la conducción.

C. Toapanta [3] menciona que su objetivo es diseñar un canal de conducción y descarga en el cantón Ambato, Tungurahua, Ecuador. La muestra de estudio es un canal para conducir los remanentes del Óvalo Frutillar de la Junta de aguas Chacón Sevilla, sector Izamba. Su estrategia consiste desarrollar trabajos de campo como topografía, aforos, estudio de la calidad del agua, el diseño con Hec-Ras y Hcanales y establecer sus costos. Concluyen que la calidad del agua se mantiene en un rango aceptable según normas, siendo apta para el uso agrícola, con el levantamiento topográfico y la inspección visual se determinaron las pendientes críticas alcanzando hasta el 19.00%, con flujo supercrítico, alcanzando los 6m/s de velocidad, provocando erosiones siendo necesario diseñar rápidas o caída vertical en gradas. Hec Ras permitió graficar las secciones trapezoidales del canal con geometría calculada Hcanales.

R. Moya y W. Álvarez [4] mencionan que el canal de aguas de lluvia urbana Río Negro en Bogotá, Colombia es susceptible a inundaciones, para lo cual su objetivo principal es obtener los caudales y niveles máximos hasta el punto de confluencia del Río Arzobispo, siendo el mismo canal su muestra de estudio. Para ello utilizan como instrumentos de recolección de datos el levantamiento topográfico, medición de caudales en campo y software para la modelación hidráulica. Concluye en que la modelación identificó los sectores de desbordamiento para un caudal 7.3 m³/seg. Debiéndose construir diques y terraplenes para evitar los desbordamientos ante un caudal de precipitación de 8.65 m³/seg, estimado para un período de retorno de 50 años y 20 minutos de duración.

M. Coyago y A. Quispe [5], refieren que su objetivo es evaluar las deficiencias de un canal de riego en el cantón Mejía de la provincia de Pucará, Ecuador. La muestra es el canal de irrigación Pucará. Para desarrollar la investigación realizan un diagnóstico previo de los tramos más críticos del canal, aplicando una investigación documental y de campo y desarrollando métodos descriptivos y analíticos. Concluyen que para un

período de retorno de 50 años un caudal de crecida de 3.97 m³/seg, presentando obstrucciones al flujo por sedimentación en un tramo revestido de concreto y al existir material susceptible a la erosión en otros tramos de pendiente elevada sin revestir proponen diques de retención de sedimentos y aliviaderos.

1.4.2 Antecedentes a nivel nacional

E. Julián y J. Chuquiyauri [6] mencionan que su objetivo es analizar y simular hidráulicamente un tramo del canal Checchewa – Casablanca, en Tambo, Huancavelica, para lograr un mejor funcionamiento, utilizando la herramienta HEC-RAS. Concluye que el diseño permite conducir $Q=0.0762$ m³/seg, asegurando máxima eficiencia hidráulica y evitando sedimentación y riesgo de desborde para una sección trapezoidal de concreto.

J. Dextre [7] menciona que su objetivo general es diseñar un canal que mejore la disponibilidad hídrica en el distrito de Paramonga, Barranca, Lima. La muestra de estudio es el canal Huáncar Bajo. Desarrolla una investigación aplicada, de nivel descriptivo con enfoque cuantitativo. Emplea el software Hcanales como herramienta de diseño y programas en Excel. Concluye que se logró diseñar el canal para mejorar la disponibilidad hídrica, con un caudal de diseño de 0.10 m³/seg, ancho de solera de 0.45 m, borde libre de 20 cm, talud 0, $n= 0.013$ (concreto acabado frotachado), pendiente 1.6% con un flujo supercrítico. La hipótesis general mantiene relación con las específicas.

J. Asalde [8] afirma que su objetivo aplicar HEC-RAS para determinar su influencia en el diseño de un canal en el distrito de salas, Lambayeque. Su población es el canal que atraviesa al distrito siendo su muestra un tramo entre los km 0+000 al km 3+085. Su metodología consistió en aplicar el criterio de máxima eficiencia hidráulica con el uso del modelo hidráulico HEC-RAS. Como conclusión del diseño apoyado en la modelación hidráulica con Hec – Ras manifiesta que influye en la conducción del flujo.

J. Manay [9] observa que en el subsector de riego en Ferreñafe, el canal Taymi en un tramo de 5 km presenta problemas de funcionamiento, para lo cual aplica un diseño hidráulico optimizado apoyándose en la herramienta HEC-RAS, con lo cual concluye en la obtención de resultados óptimos para la conducción eficiente de un flujo mediante este recurso es similar a los resultados obtenidos con la herramienta Hcanales, asegurando velocidades permisibles y reducción de riesgos de desbordes.

P. Cueto [10] expone que su objetivo general evaluar la estructura hidráulica del canal de concreto del canal Carlos Leight en Tangay Alto, Nuevo Chimbote. Su muestra es el tramo comprendido entre el km. 22+220 a 22+720. Aplica una metodología de investigación correlacional, con nivel de investigación cuantitativo y cualitativo. Los

resultados muestran que el daño con más incidencia es la erosión. Concluye en que el nivel de severidad es leve. Según el análisis desarrollado el daño total en el tramo del canal, influye en la condición hídrica, porque disminuye la calidad y cantidad del recurso hídrico.

1.4.3 Antecedentes a nivel local

I. Cayllahua Sullca [11] tiene como objetivo determinar el comportamiento hidráulico del canal principal del Proyecto Especial Río Cachi que pasa por las provincias de Huamanga y Cangallo, Ayacucho. Siendo la muestra de estudio tramo Cuchoquesera–Ichucruz que atraviesa varios distritos. Aplica una metodología de tipo observacional prospectiva, siendo la investigación de tipo longitudinal y analítica. El nivel es explicativo, con diseño no experimental. Concluye que los coeficientes de rugosidad en el canal varían significativamente en función de la profundidad del flujo dependiendo de diversos factores, como rugosidad del canal, geometría y obstrucciones.

1.5 Contenido de capítulos

- En I, Introducción, se expone la problemática del canal, antecedentes internacionales, nacionales y locales relacionados con la investigación y los objetivos a obtener.
- En II, Estrategia Metodológica, presenta el desarrollo de la investigación y detalla procedimientos, diseño metodológico, población y muestra, instrumentos de medición.
- En III, Resultados, presenta los datos obtenidos, en los que se muestran tablas, gráficos, fotografías, etc. Además de los modelos y programas usados para la investigación.
- En IV, Discusión, se desarrolla el análisis, comparaciones e interpretación de los resultados obtenidos, verificados con los fundamentos teóricos establecidos, también los criterios del propio autor y de otros. Se hace énfasis en los nuevos aspectos importantes del estudio.
- En V, Conclusiones, se presentan los resultados concretos obtenidos en el desarrollo de la investigación.
- En VI, Recomendaciones, se muestran las sugerencias sobre las posibilidades de aplicación práctica de los resultados y el desarrollo de otras investigaciones relacionadas a las conclusiones.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación

2.1.1 Tipo de investigación

La investigación reúne las condiciones de una *investigación aplicada*. Ya que se apoya en informaciones y busca utilizar los conocimientos que se adquieren mediante su desarrollo a favor de la sociedad que es precisamente lo que se va a realizar.

2.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación de la presente tesis es *descriptivo*, ya que se interpretarán mediante palabras las peculiaridades del proyecto, como el comportamiento hidráulico del fluido, geometría, materiales, secciones críticas, régimen de flujo, etc.

2.1.3 Diseño de investigación

La investigación es *no experimental*. Se observarán los comportamientos físicos y cinéticos del canal existente, de manera que no se alteren las características existentes en forma intencional. Se recaudarán datos en un solo acto de medición.

2.1.4 Población y Muestra

2.1.4.1 Población de estudio

El canal de riego Marcanta, distrito de Carmen Salcedo, Lucanas, Ayacucho.

2.1.4.2 Muestra de estudio

La longitud total 1620 m del canal Marcanta, distrito de Carmen Salcedo, Lucanas, Ayacucho.

2.1.5 Criterios de Inclusión y Exclusión

2.1.5.1 Criterios de Inclusión:

- ✓ Evaluación Hidráulica.
- ✓ Simulación Hidráulica.
- ✓ Diseño hidráulico

2.1.5.2 Criterios de Exclusión:

- ✓ Aspecto geotécnico.
- ✓ Diseño estructural.

2.1.6 Técnicas de Recolección de Datos

Para esta investigación se han empleado la Observación de Campo no experimental y recopilación de información relacionada al tema.

2.1.7 Instrumentos de recolección de datos

Son aquellos elementos que permiten aplicar las técnicas, como fichas de registro de datos (libreta de campo de topografía), instrumentos topográficos (teodolito, miras, brújula, wincha, GPS), imágenes, textos, fotografías, guías relacionadas al tema, etc.

2.1.8 Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos

Estas técnicas consisten en: Recolección de datos, procesamiento de información, presentación y divulgación de resultados. El análisis a realizar será cuantitativo en concordancia con los parámetros técnicos de la normativa vigente y su interpretación se hará de manera objetiva.

2.1.9 Procedimientos

La secuencia metodológica será estructurada en tres etapas, las cuales son:

1) Etapa preliminar:

Recopilación de datos catastrales, en Internet y cualquier información hidrológica relacionada con el canal, su población beneficiaria, tipo de suelo, entre otros. Procesándolas, clasificándolas y analizando la información preliminar respecto al tema de investigación y área de influencia del estudio.

2) Etapa de campo:

El objetivo es zonas críticas de la zona del proyecto y del área de influencia desarrollando actividades como: Reconocimientos de campo, recolección de información complementaria mediante estudio topográfico e imágenes de satélite, para obtener las características geométricas, de flujo y material del canal.

3) Etapa final de gabinete:

Se procesa la información recopilada en las etapas anteriores. Se confeccionan planos topográficos de curvas de nivel, secciones transversales, perfiles longitudinales; se evalúan parámetros del flujo y geometría del canal y procede a la simulación hidráulica conociendo el comportamiento del flujo aplicando criterios de máxima eficiencia hidráulica para proponer soluciones alternativas. Se usan softwares como Hcanales V3.1 [12] y el modelo HEC-RAS 4.1.0 [13]; con lo cual se cumplirá con los objetivos perseguidos, aspectos metodológicos, verificación de hipótesis, plantear conclusiones y recomendaciones respecto.

Las técnicas e instrumentos utilizados son:

- Verificación *In Situ*: Uso de técnicas de observación directa y entrevistas, los instrumentos son equipos fotográficos, grabadoras y formatos de registro de datos.
- Verificación en gabinete: Uso de técnicas de recopilación documental y cuestionarios, empleando como instrumentos formatos especializados.
- Cálculos y modelación hidráulica: Aplicación de técnicas de modelamiento prospectivo, con software aplicados como Hcanales y HEC-RAS 4.1.0 [13].
- Análisis de resultados: Se aplicará el análisis comparativo como técnica de evaluación y fichas y tablas específicas como instrumentos.

III. RESULTADOS

3.1 Desarrollo de la Investigación

3.1.1 Información de la zona a investigar

3.1.1.1 Ubicación Geográfica

El distrito de Carmen Salcedo se localiza entre la Latitud Sur 14°23'13", Longitud Oeste 73°57'39" y una altitud media de 3,459.00 m.s.n.m. El proyecto a desarrollar se ubica dentro de este distrito, cuyo inicio se ubica en las coordenadas UTM. 612,492.331 m Este, 8'409,537.558 m Norte, y una altitud de 3,493.90 m.s.n.m.

La ubicación política es la siguiente:

- Departamento : Ayacucho
- Provincia : Lucanas
- Distrito : Carmen Salcedo
- Lugar : Andamarca



Figura 4. Ubicación geográfica del departamento de Ayacucho
Fuente: es.wikipedia.org

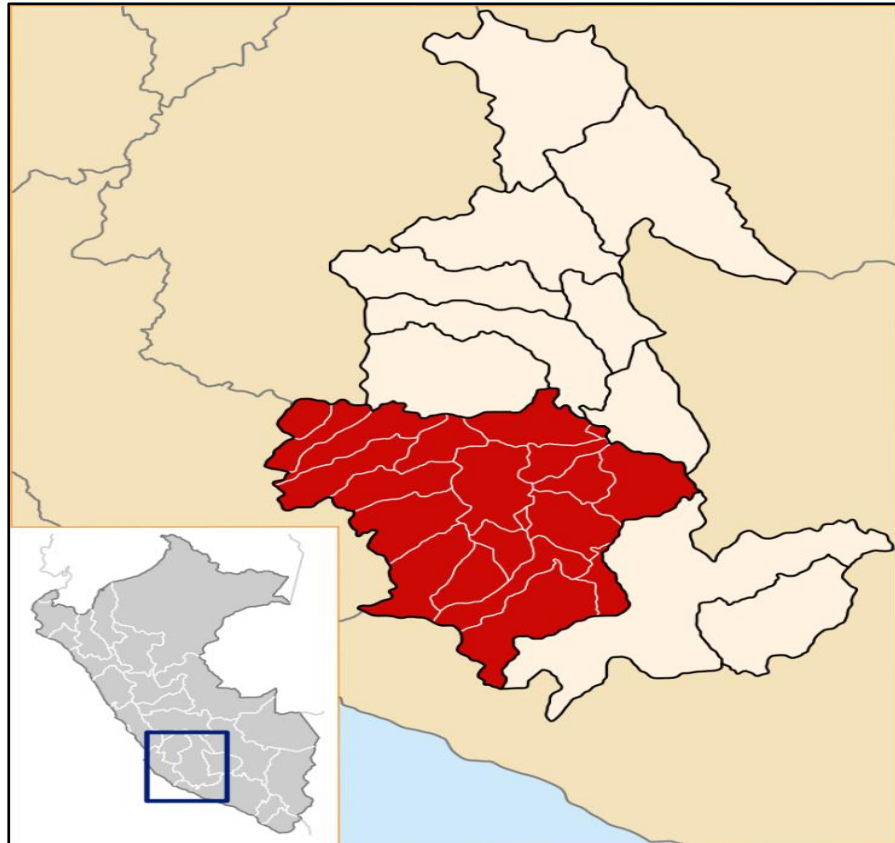


Figura 5. Ubicación geográfica de la provincia de Lucanas.
Fuente: es.wikipedia.org



Figura 6. Ubicación del distrito de Carmen Salcedo.
Fuente: familysearch.org

3.1.1.2 Acceso a la zona de estudio

El punto de partida es la ciudad de Ica; pasando por las ciudades de Palpa, Nazca,

Puquio y finalmente Andamarca haciendo un recorrido total 375.3 km en un tiempo de 7.36 horas.

Tabla I
Acceso a la zona de estudio

Tramo de ruta	Longitud km	Tiempo de recorrido	Tipo de vía
Ica – Palpa	92.6	1h 32 mín	Asfaltada
Palpa – Nazca	52.1	0h 56 mín	Asfaltada
Nasca – Puquio	156.0	3h 23 mín	Asfaltada
Puquio - Andamarca	74.6	1h 45 min	Asfaltada

Nota: Información extraída de Google Maps.



Figura 7. Tramo Ica – Andamarca.

Nota: Extraído de Google Maps.

3.1.1.3 Aspecto Socio Económico

La población beneficiada directamente con el presente proyecto está conformada por 129 familias. Esta población está basada en una organización comunal, integrada por los comuneros activos y sus familias, personificados por las autoridades comunales (Presidente, secretario, tesorero, etc.), quienes mantienen las costumbres de trabajo tipo Ayni que actualmente se les llama trabajos comunales, velan por el desarrollo de obras y proyectos; además, paralelamente al anterior sistema, se rigen a una organización edil y judicial, personificados por el Teniente Alcalde y Teniente Gobernador.

La actividad agrícola es la que brinda mayor ocupación en la zona del proyecto, constituye el 80% de la misma, mientras que la actividad ganadera la conforma un 20%. En general, el ingreso de la población de Andamarca depende principalmente de su producción agrícola anual.

El área agrícola, que será beneficiada con la presente investigación, comprende 27.90 has, ubicadas dentro del ámbito de la Comunidad de Andamarca de las cuales en la actualidad 26.9 has están bajo riego y 1 ha sin riego.

La actividad pecuaria en la zona representa sólo el 20% consistente en la crianza de ganado como: Ovinos y vacunos; la carne y derivados lácteos de esta actividad es comercializada entre pueblos cercanos.

3.1.1.4. Descripción del área de estudio

a) Topografía y clima

La topografía del lugar es accidentada con pendientes pronunciadas, sus áreas de cultivo están ubicadas en las laderas de los cerros formado por andenerías. De acuerdo a la información de campo su clima es frío, con regímenes de lluvia de diciembre a marzo, y su suelo es conglomerado areno –arcilloso.

b) Recursos hídricos

La fuente de agua es mediante un manantial natural, recurso disponible para la zona durante todo el año, bajando su caudal durante los meses de estiaje. De acuerdo a los datos de campo el caudal aforado es de 26 lt/seg. Que los obtiene de los puquiales. Totorá, Quisma puquio, Ayahuaycco, Coochaco, Ccuychu y Totorá II, los que son depositados a un reservorio.

3.1.2 Estudios básicos

3.1.2.1 Estudio Topográfico

Su objetivo es obtener planos con curvas de nivel mostrando el eje en planta y perfil del canal, así como otras características geométricas existentes. Los trabajos consistieron en:

- a) Reconocimiento del terreno. - Recorrido de la zona desde la captación y todo el canal, registrando detalles de las zonas críticas, dejando puntos de control para el proyecto.
- b) Levantamiento topográfico. – Aplicación de poligonal abierta, para levantar el eje del canal, secciones transversales, cambios de pendiente y dirección horizontal y ubicación obras de arte existentes. El levantamiento topográfico del área del proyecto se realizó con un teodolito electrónico T-200. Tomando como referencia las coordenadas UTM.
- c) Las secciones transversales. - Se midió la geometría transversal al eje según los tramos uniformes encontrados en el canal, el espaciamiento entre ellas dependió de la variación de las secciones en el canal. El espaciamiento mínimo mostrado en planos después de procesar las curvas de nivel es a cada 20 m.

- d) Dibujo de planos y geometría del canal. - En gabinete, con el apoyo de la Carta Nacional a 1:1000,000 y 1:25:000 se determinaron el área en estudio Para los planos de planta se usó la escala 1:2000. Con curvas de nivel a cada 2 m. Las escalas para el perfil longitudinal empleadas son 1/500 para las cotas y 1,2000 para las progresivas.
- e) Rasante del canal. – Para el nuevo trazo, se uniformizó la pendiente en tramos homogéneos promediándolos de manera que no sea significativo el movimiento de tierras y evitar el uso de elementos de contención que provoque costos excesivos de obra.

El plano final del perfil longitudinal del canal, muestra:

- Progresiva
- Pendiente
- Cota de rasante y Cota de terreno
- Altura Corte y Relleno
- Tipo de suelo
- Ubicación de obras de arte

Los datos topográficos se procesaron con las herramientas:

- MS Excel (hoja de cálculo electrónico) para calcular coordenadas y algunos elementos hidráulicos del canal.
- AutoCAD Civil 3D para generar curvas de nivel, perfiles y secciones transversales.

Se utilizó un teodolito electrónico para el levantamiento en planta y curvas de nivel. El nivel óptico para la nivelación del eje del canal. Se ubicó un punto de control topográfico mediante el uso de un equipo GPS receptor en los sistemas GPS y GLONASS, con un error máximo de 1m. Los puntos de control horizontal y vertical se instalaron al inicio del canal BM1 en la toma ubicada cerca a la progresiva de inicio y al final del canal.

3.2. Presentación de los Resultados

3.2.1 Geometría del canal actual

a) Planta general

El canal toma sus aguas directamente de un reservorio nocturno en buen estado, ubicado en el lado norte del centro poblado Andamarca, este a su vez es abastecido por otras fuentes como captaciones de media ladera ubicadas en diversos lugares y que se acumulan en el mencionado reservorio juntando agua todo el año.

El levantamiento topográfico determinó que la longitud total del canal es de 1620 m. Atraviesa un relieve topográfico accidentado, muy sinuoso. El canal es de terreno natural en su mayor parte del tramo de estudio.

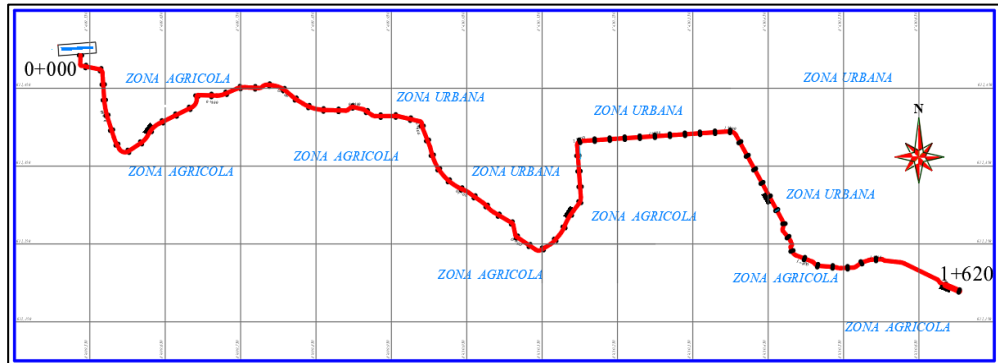


Figura 8. Esquema de la planta del canal Marcanta actual.



Figura 9. Ubicación del canal Marcanta respecto al centro poblado Andamarca.
Nota: Imagen obtenida con Google Earth.



Figura 10. Vista del inicio del canal Marcanta.
Nota: Imagen obtenida con Google Earth.



Figura 11. Vista del final del canal Marcanta.
 Nota: Imagen obtenida con Google Earth.

b) Perfil longitudinal

Este se obtiene mediante nivelación geométrica, promediando irregularidades en el fondo del canal.

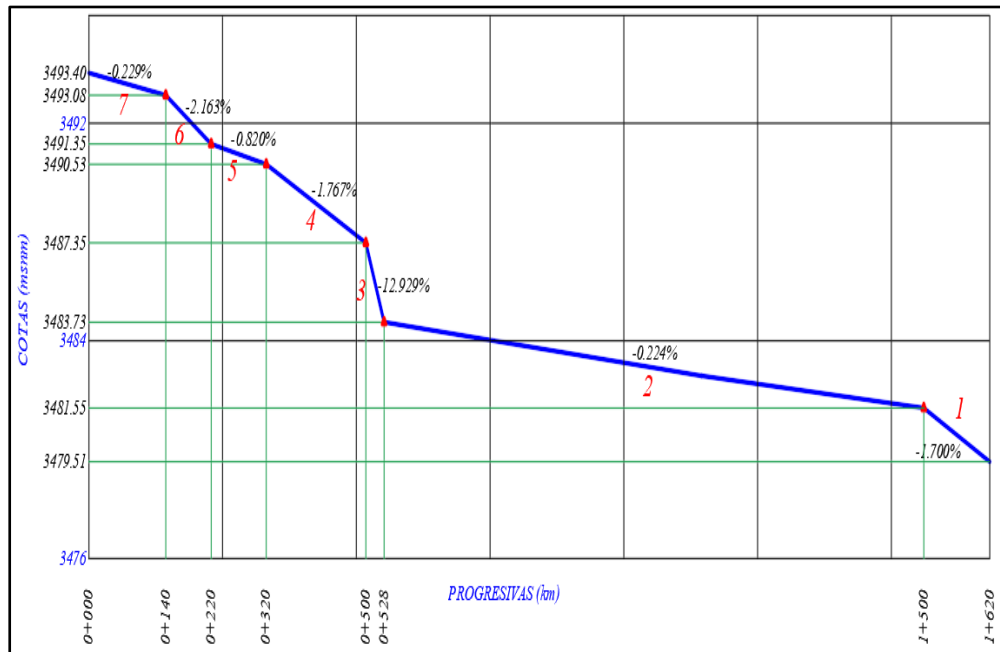


Figura 12. Esquema del perfil longitudinal del canal actual.

Se obtuvieron diversas pendientes, la mayoría son elevadas que generan velocidades erosivas a lo largo del canal. Debido a ello es que el fondo del canal filtra agua reduciendo la conducción del flujo debido a esas pérdidas. En la tabla II, se muestra un resumen de la geometría del perfil.

Tabla II
Características geométricas en perfil del canal actual

Tramo	Longitud (m)	Diferencia de nivel (m)	Pendiente (m/m)	Pendiente (%)
1	120	2.04	0.01700	1.700
2	972	2.18	0.00224	0.224
3	28	3.62	0.12929	12.929
4	180	3.18	0.01767	1.767
5	100	0.82	0.00820	0.820
6	80	1.73	0.02163	2.163
7	140	0.32	0.00229	0.229
	1620	13.89		

3.2.2 Parámetros hidráulicos

Para determinarlos se usa la ecuación de Manning y el teorema de Bernoulli para determinar la energía específica en el canal. No obstante, se requiere partir de un caudal existente. El dato que se tiene por medio de la comunidad agrícola de Andamarca es que el canal Marcanta conduce 0.026 m³/seg, sin embargo, se realizó la verificación de este caudal mediante una prueba de aforo y determinar cuánto conduce realmente.

a) Verificación del flujo en el canal

Primero se determina la velocidad del flujo en el canal existente mediante el Método de Velocidad - Área tomando en este caso el tramo que tenga la pendiente más moderada. En este caso se trata del tramo 2 cuya pendiente es 0.00224 m/m. La velocidad del flujo se determina mediante un correntómetro o midiendo un tramo de 10 m, lo más recto posible, y con un cronometro se toma el tiempo que un flotador recorre dicho tramo. Para este método la velocidad se obtiene con:

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

Donde:

V = Velocidad del flujo (m/seg)

L = Longitud del tramo en metros (m)

t = Tiempo de recorrido en segundos (seg)

Luego para determinar el caudal se aplica:

$$Q = A \times V$$

Siendo "A" el área promedio de la sección de inicio con la final.

En este caso se determinó el área mojada tanto de la sección de inicio aguas arriba como de la sección final aguas abajo y entre ambas se obtuvo un promedio.

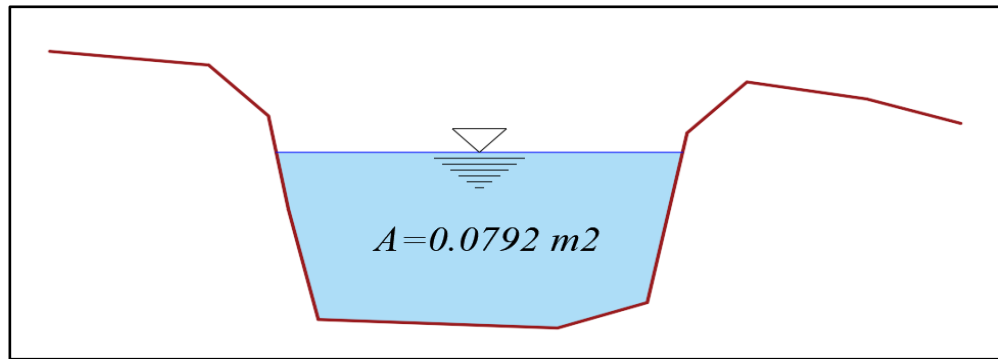


Figura 13. Sección transversal promedio para el aforo de caudal

El proceso para determinar la velocidad se repitió cinco veces en los dos tramos de aforo de 10 m dentro del canal, en el tramo 2. Los resultados obtenidos son:

Tabla III
Cálculo de la velocidad promedio en el canal actual Tramo 2

Tramo	Longitud de aforo (m)	Tiempo de recorrido (seg)	Velocidad calculada (m/seg)	Pendiente (m/m)	Tirante promedio (m)	Base promedio (m)
I	10.00	34	0.294	0.00224	0.21	0.375
		33	0.303			
		36	0.278			
		34	0.294			
		35	0.286			
II	10.00	33	0.303	0.00224	0.21	0.375
		34	0.294			
		36	0.278			
		35	0.286			
		35	0.286			
Velocidad promedio =			0.290	m/seg		

$$Q = A \times V$$

$$Q = A \times V = 0.0792 \times 0.290$$

$$Q = 0.023 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El resultado es menor que $Q = 0.026 \text{ m}^3/\text{seg}$ que fue indicado por los usuarios del canal, de la comunidad de Andamarca.

b) Rugosidad del canal

Utilizando la tabla IV: Valores de rugosidad “n” de Manning del manual: “Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico” publicado por la Autoridad Nacional del agua (ANA) [10], para la ecuación de Manning se obtiene la rugosidad para este canal:

Tabla IV
Valores de la rugosidad de Manning

n	Superficie
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre
0.011	Concreto muy liso
0.013	Madera suave, metal, concreto frotachado
0.017	Canales de tierra en buenas condiciones
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
0.035	Canales naturales con abundante vegetación
0.040	Arroyos de montañas con muchas piedras

Nota: Extraído del manual del ANA-2010 [10]



Figura 14. Vista del canal con agua en temporada de riego



Figura 15. Vista del fondo del canal en época de sequía

De acuerdo a los verificado en el mismo canal corresponde una rugosidad de:

$$n = 0.025$$

c) Parámetros del canal existente:

Con los datos anteriores ya se puede calcular los parámetros del canal. Para ello se usó el programa Hcanales V3.1 [12]. Estos datos conocidos son: caudal, rugosidad, ancho promedio del fondo del canal y la pendiente del sub tramo evaluado.

Para poder usar el programa se ha determinado una sección rectangular cuyas dimensiones $b \times y$ (base por tirante) da la misma área del flujo obtenida para el aforo. Este ancho de base y el tirante calculado se muestran en la siguiente figura donde el área es la misma que se muestra en la figura 13.

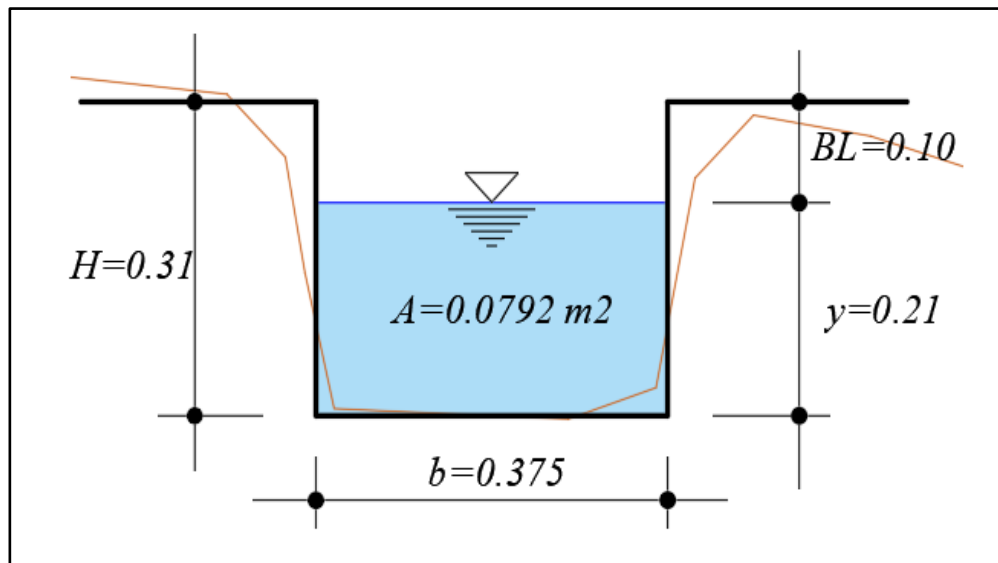


Figura 16. Dimensiones equivalentes para usar con Hcanales V3.1

Lugar:	ANDAMARCA - AYACUCHO	Proyecto:	Canal Marcanta
Tramo:	1 - S= 1.7%	Revestimiento:	Canal de tierra

Datos:	
Caudal (Q):	0.023 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.375 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.025
Pendiente (S):	0.017 m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	0.0802 m	Perímetro (p):	0.5354 m
Area hidráulica (A):	0.0301 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0562 m
Espejo de agua (T):	0.3750 m	Velocidad (v):	0.7649 m/s
Número de Froude (F):	0.8624	Energía específica (E):	0.1100 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

Figura 17. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 1 – S=0.017 m/m

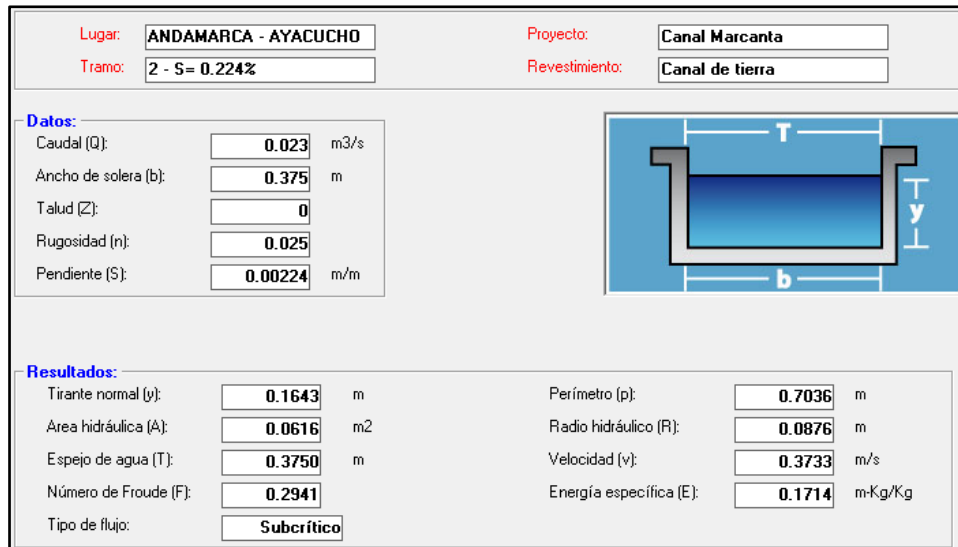


Figura 18. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 2 – S=0.00224 m/m

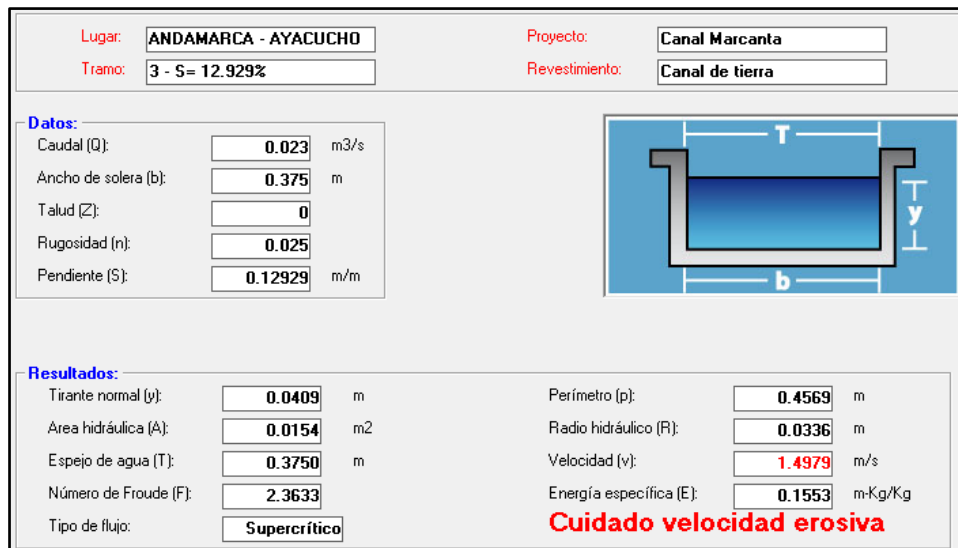


Figura 19. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 3 – S=0.12929 m/m

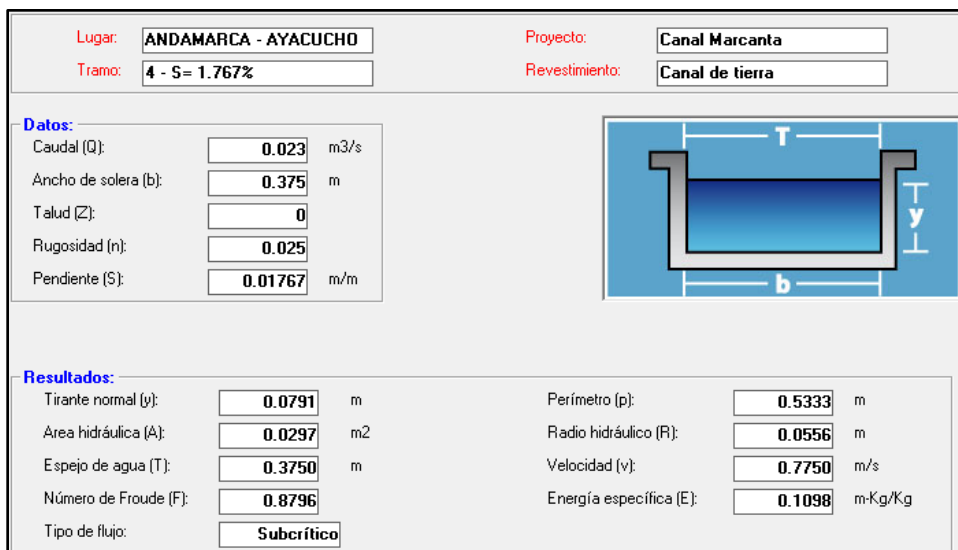


Figura 20. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 4 – S=0.01767 m/m

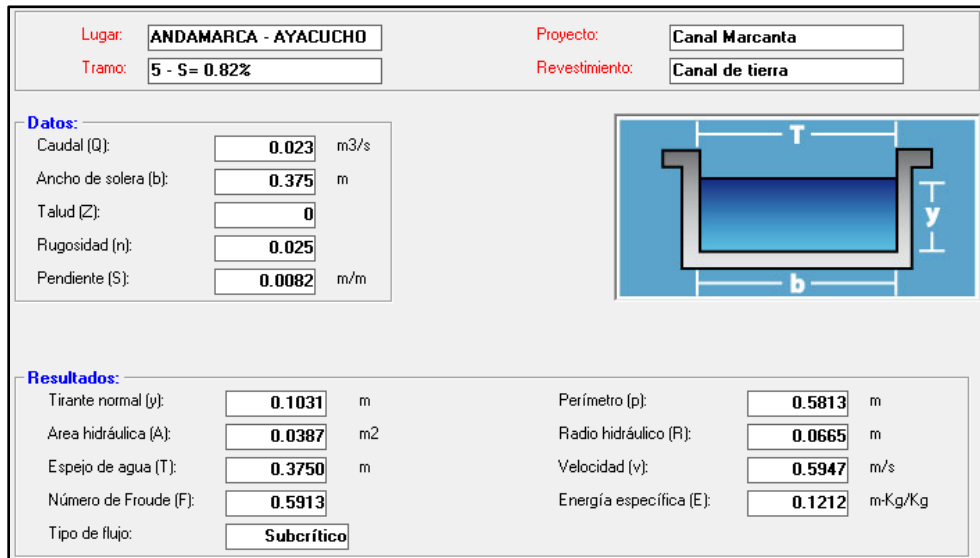


Figura 21. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 5 – S=0.0082 m/m

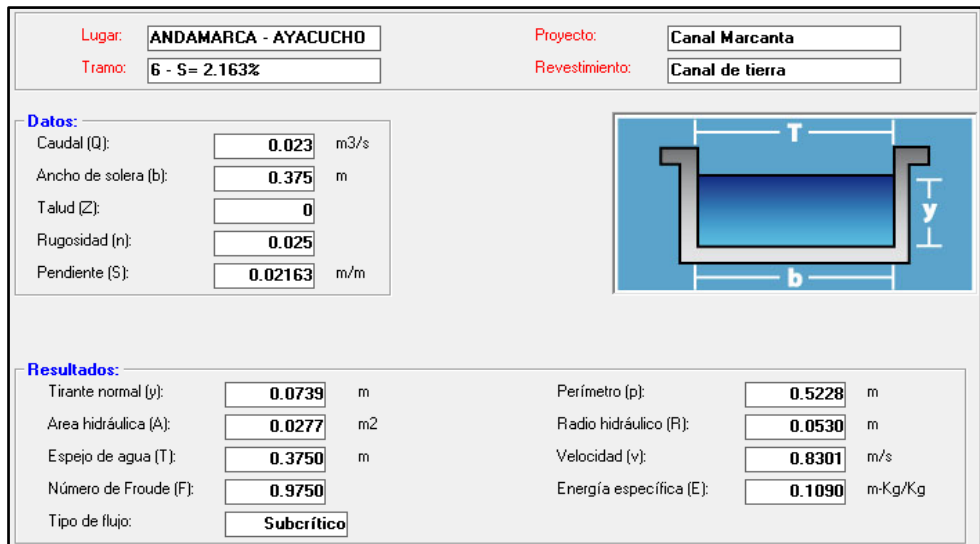


Figura 22. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 6 – S=0.02163 m/m

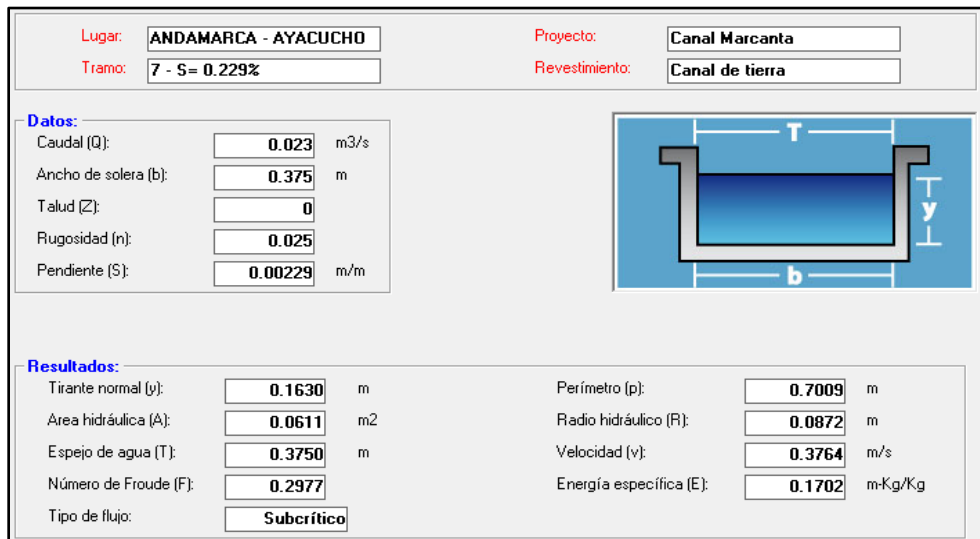


Figura 23. Parámetros hidráulicos del canal - tramo 7 – S=0.00229 m/m

En resumen, se tiene:

Tabla V
Parámetros hidráulicos del canal existente (Hcanales V3.1)

Tramo	Q total (m ³ /s)	Tirante normal (m)	Área hidrául. (m ²)	Espejo de agua (m)	Perím. (m)	Radio hidrául. (m)	Veloc. (m/seg)	No. de Froude	Tipo de flujo
1	0.023	0.08	0.03	0.04	0.54	0.06	0.76	0.86	Subcrítico
2	0.023	0.16	0.06	0.38	0.70	0.09	0.37	0.29	Subcrítico
3	0.023	0.04	0.02	0.38	0.46	0.03	1.50	2.36	Supercrítico
4	0.023	0.08	0.03	0.38	0.53	0.06	0.78	0.88	Subcrítico
5	0.023	0.10	0.04	0.38	0.58	0.07	0.59	0.59	Subcrítico
6	0.023	0.07	0.03	0.38	0.52	0.05	0.83	0.98	Subcrítico
7	0.023	0.16	0.06	0.38	0.70	0.09	0.38	0.30	Subcrítico

Como se puede apreciar, a excepción del tramo 3, el canal en general tiene un flujo subcrítico.

d) Simulación hidráulica del canal existente

Se utilizó el software HEC-RAS 4.1.0 [13] como herramienta de simulación hidráulica. Para su algoritmo de cálculo se necesita establecer la sección transversal de inicio con coordenadas relativas a un eje vertical y uno horizontal relacionado a las cotas de fondo del canal. Normalmente estas cotas están relacionadas con el nivel medio del mar, aunque también pueden referirse a una cota relativa. La figura siguiente muestra cómo se distribuyen estas coordenadas:

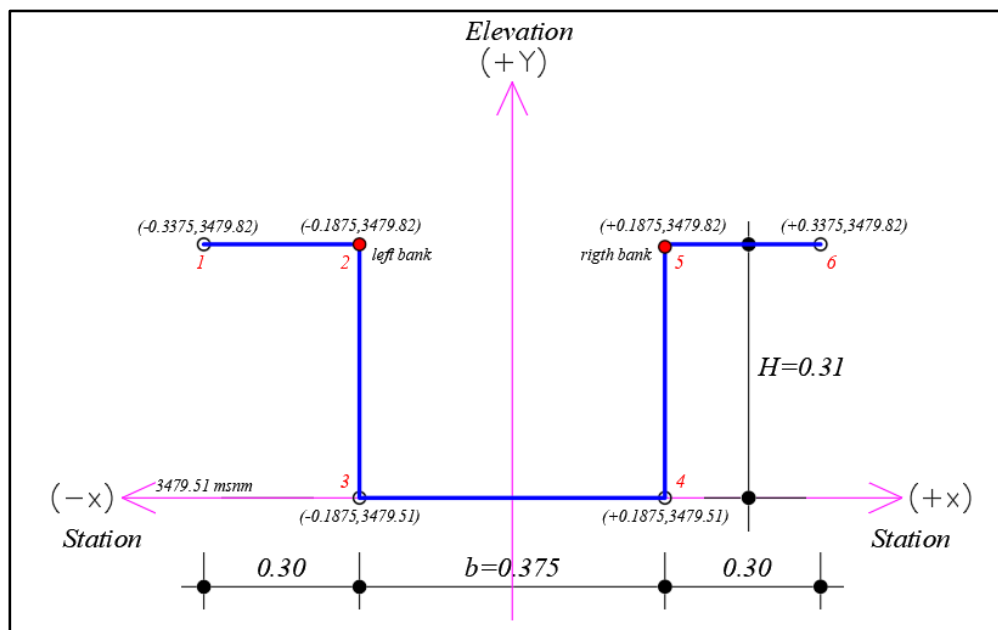


Figura 24. Coordenadas de la sección transversal de inicio para HEC-RAS

Las coordenadas de esta sección se pueden ordenar tabularmente en una hoja de cálculo de la siguiente forma:

Tabla VI
Coordenadas de la sección de inicio aguas abajo

Cross Section Coordinates		
No.	Station	Elevation
1	-0.3375	3479.82
2	-0.1875	3479.82
3	-0.1875	3479.51
4	0.1875	3479.51
5	0.1875	3479.82
6	0.3375	3479.82

Como tal, estas se copiarán al editor geométrico de HEC-RAS cuando se requiera. En la tabla anterior, los números en rojo son los puntos que indican el borde máximo en el canal conocidos en HEC-RAS con *Left Bank* y *Rigth Bank*. Entonces se crea primero el archivo del proyecto:

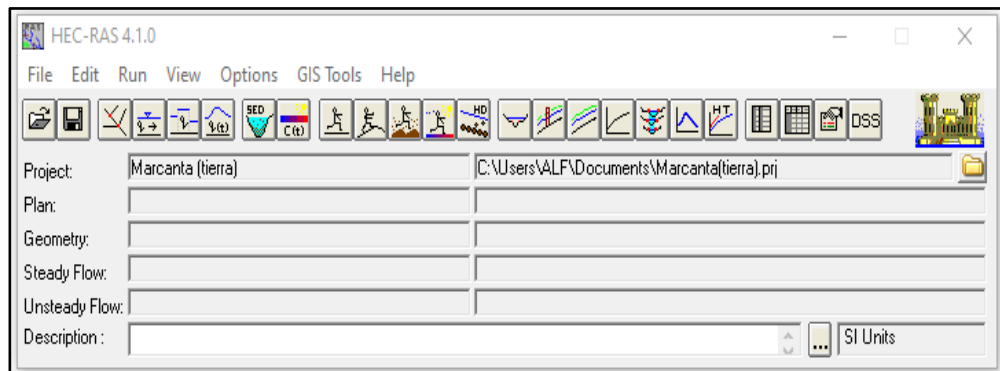


Figura 25. Creación del proyecto canal Marcanta

La geometría del canal vista en las figuras 8 y 12 y la tabla VI se ingresan mediante la opción *Edit: Geometric Data*

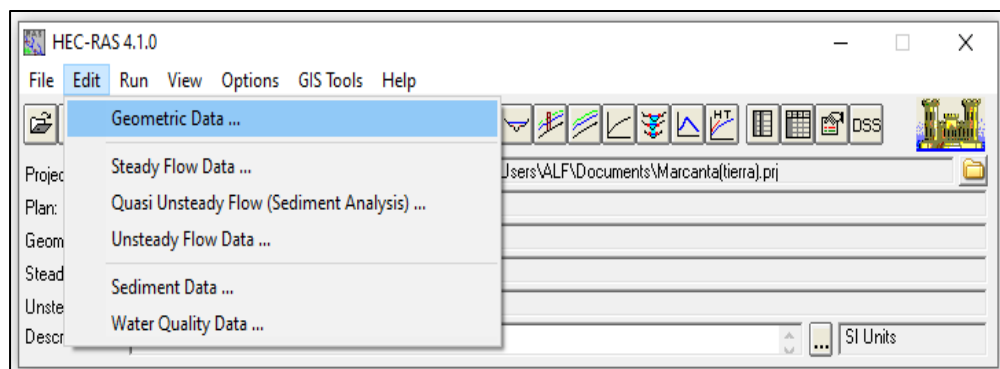


Figura 26. Buscando al editor de datos geométricos

Una vez abierto el editor de datos geométricos (*Geometric Data*), se ingresa el tramo del canal y luego las coordenadas de la primera sección transversal aguas abajo ejecutando el ícono *Cross Section*.

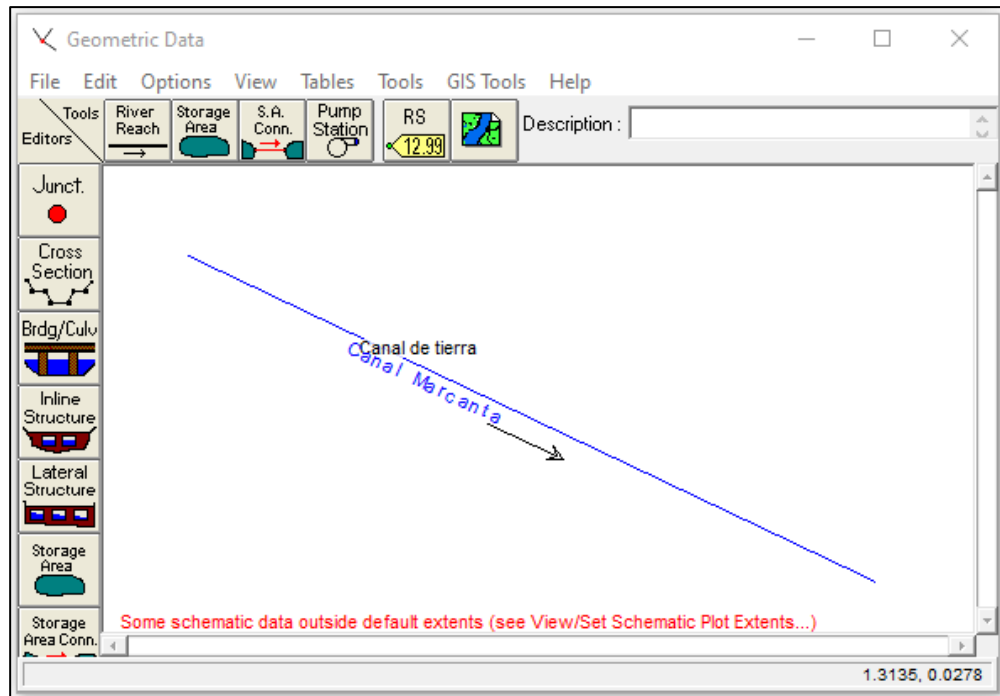


Figura 27. Ingreso de la geometría del canal

Una vez abierto el editor de datos de secciones transversales *Cross Section Data*, se usan los datos de la tabla VI. En la primera sección aguas abajo, las distancias aguas abajo de dicha sección (*Downstream Reach Lengths*) para *LOB*, *Channel*, *ROB* (*Right overbank* = planicie derecha; *Channel* = Canal; *Left overbank* = planicie izquierda) son cero (0) ya que es donde termina el canal según como se aprecia en la figura 8. También es necesario tener el dato de rugosidad para (*Manning's Values*). Los coeficientes de contracción y expansión por defecto HEC-RAS las asume, pero pueden colocarse otros valores, para lo cual se puede recurrir al manual del programa cuando se pica con el puntero el signo de interrogación correspondiente.

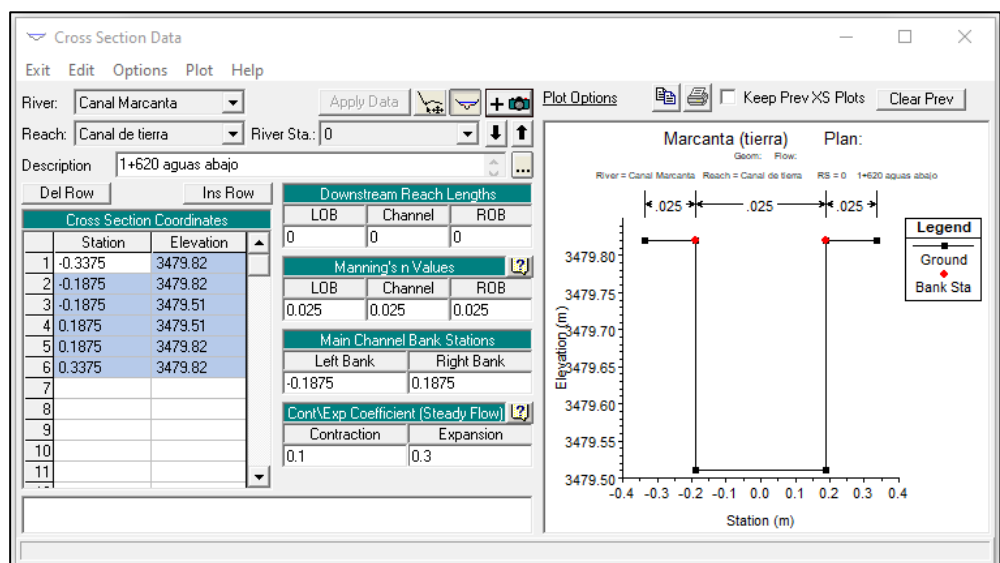


Figura 28. Ingreso de coordenadas de la primera sección transversal aguas abajo

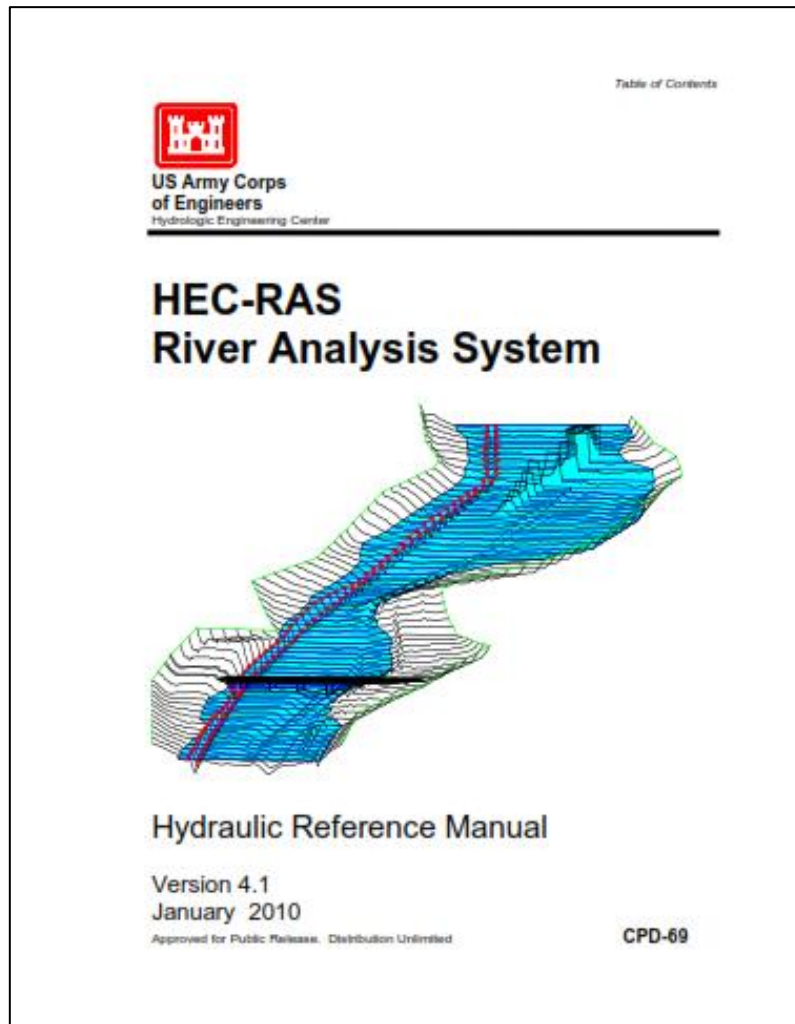


Figura 29. Apertura del Manual del HEC-RAS a través del programa

En este caso solo se muestra la primera sección a manera de ejemplo, ya que a partir de esta se hace una copia como base para la siguiente sección y solamente se corrige su elevación, la denominación de la sección y la longitud aguas abajo según lo que se indica en la tabla siguiente:

Tabla VII
Correcciones de nivel y longitudes aguas abajo

Sección	Progresiva	Longitud Aguas abajo (m)	Corrección de nivel (m)
0	1+620	0	
1	1+500	120	2.04
2	0+528	972	2.18
3	0+500	28	3.62
4	0+320	180	3.18
5	0+220	100	0.82
6	0+140	80	1.73
7	0+000	140	0.32
		1,620	13.89

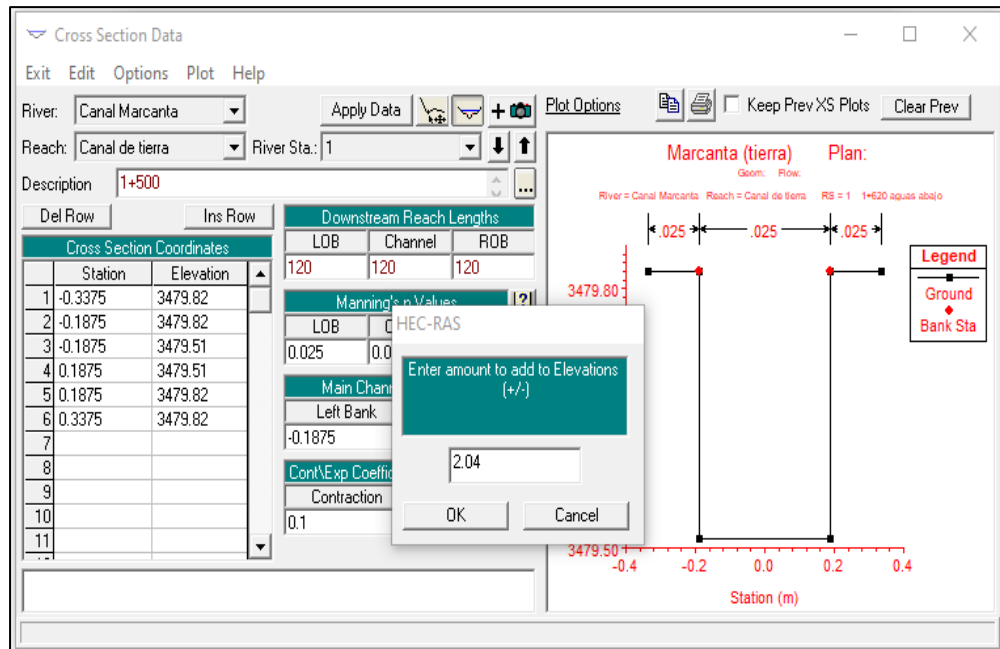


Figura 30. Ingreso de la corrección de elevación para la siguiente sección.

Cuando ya están registradas todas las secciones hay que grabar los cambios a través de la ventana Geometric Data. Seguidamente se ingresan los datos de flujo, mediante el menú del programa en la opción *Edit, Steady Flow Data* (Datos de flujo permanente). Ingresamos el caudal con el cual se va a simular el canal.

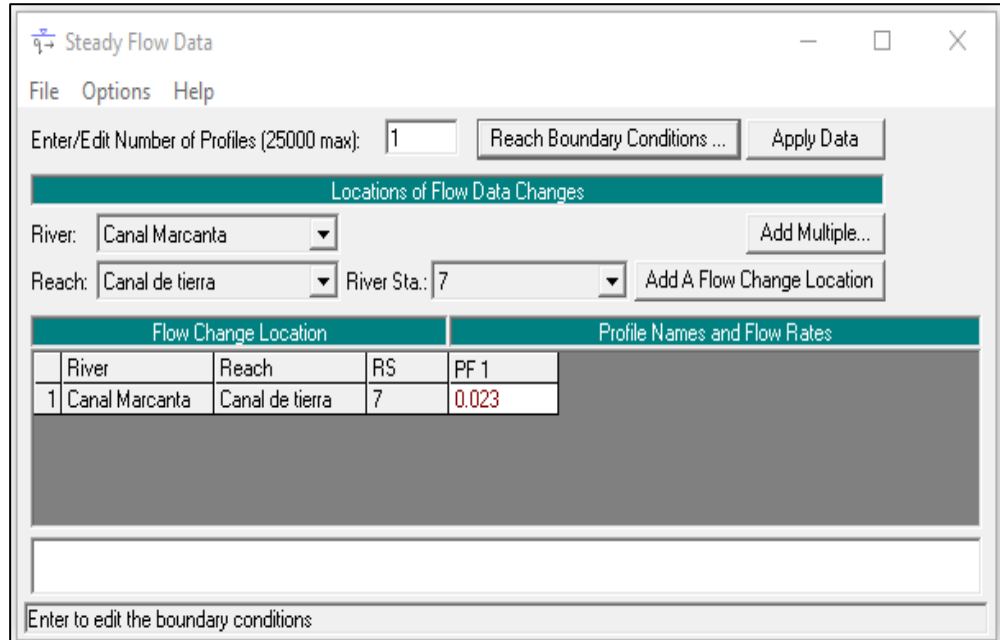


Figura 31. Ingreso del caudal para la simulación del canal.

Para ingresar las condiciones de borde del canal se usa la opción *Reach Boundary Conditions* (Condiciones de borde del canal). Para ello se debe tener los datos de pendientes del tramo aguas arriba y del tramo aguas abajo.

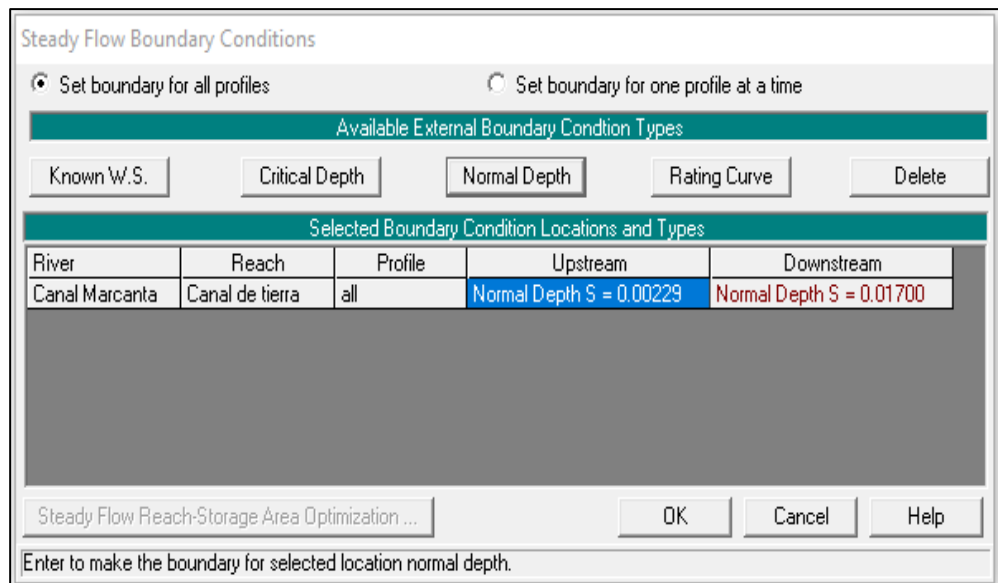


Figura 32. Condiciones de borde del canal con pendientes conocidas.

Para definir el régimen de flujo hay que conocer un tirante aguas arriba o aguas abajo que, si estos datos no están disponibles se puede ingresar las pendientes conocidas aguas arriba (*Upstream*) y aguas abajo (*Downstream* en la opción *Normal Depth* (Profundidad normal).

La simulación del flujo se hace mediante la opción Run: Steady Flow Analysis (Análisis de Flujo Permanente). Para este caso se elige la opción de flujo mixto, para las condiciones de borde que se ingresaron:

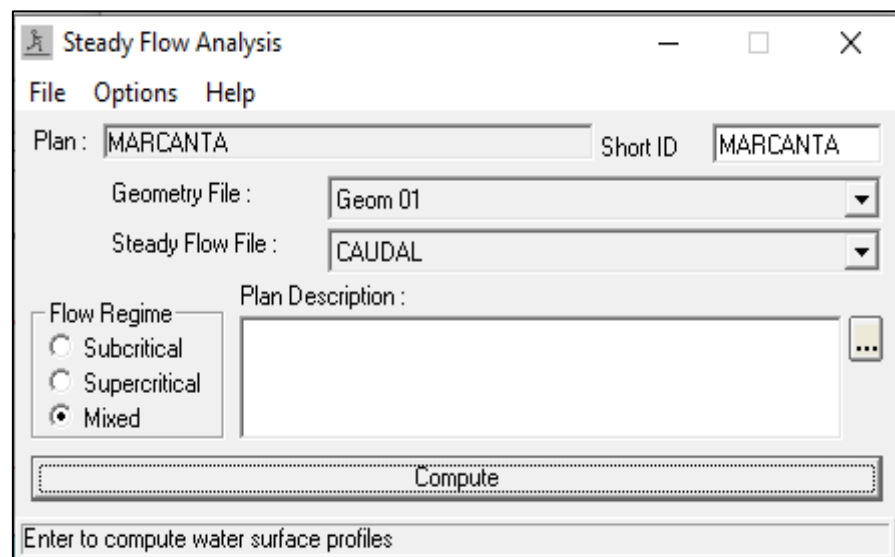


Figura 33: Análisis unidimensional en flujo mixto

Se aplica *Compute* y HEC-RAS calculará el tipo de régimen en el canal, velocidades, tirantes, líneas de energía, etc. Se puede simular en cualquiera de los regímenes de flujo, pero el diseñador es quien elige con cual de ella trabaja.

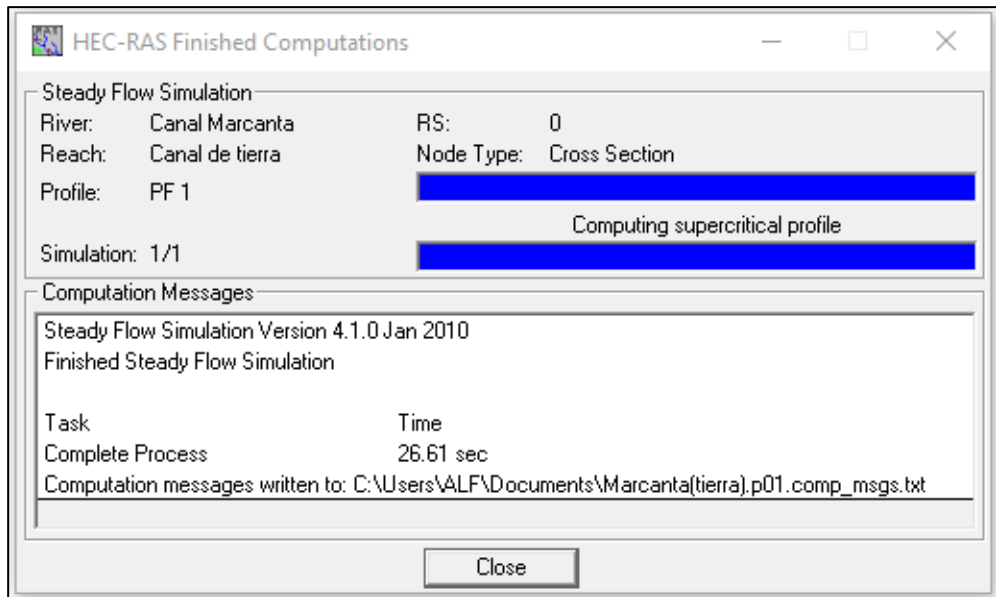


Figura 34. Simulación en régimen de flujo mixto

HEC-RAS trabaja buscando equilibrar la ecuación de la energía entre dos secciones transversales consecutivas. Cuando no puede balancearlas pide que se ingresen más secciones para acortar las distancias. Esta advertencia se puede apreciar cuando se revisan los resultados tabulares de cada sección. Pueden aparecer otros mensajes de advertencia que indican el problema y la forma de solucionarlo. Esto se puede ver en el menú *View*, opción *Cross Section Output* (Salida de datos de la sección transversal).

Plan: Plan 01 Canal Marcanta Canal de tierra RS: 0 Profile: PF 1			
Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	3479.62		
Vel Head (m)	0.04	0.025	
W.S. Elev (m)	3479.58		
Crit W.S. (m)	3479.58	0.03	
E.G. Slope (m/m)	0.027495	0.03	
Q Total (m3/s)	0.02	0.02	
Top Width (m)	0.37	0.37	
Vel Total (m/s)	0.90	0.90	
Max Chl Dpth (m)	0.07	0.07	
Conv. Total (m3/s)	0.1	0.1	
Length Wtd. (m)		0.51	
Min Ch El (m)	3479.51	13.48	
Alpha	1.00	16.15	0.00
Frctn Loss (m)	0.00		
C & E Loss (m)	0.00		
Stream Power (N/m s)			
Cum Volume (1000 m3)			
Cum SA (1000 m2)			

Figura 35. Advertencias de error de una sección transversal

En este caso no se registran errores debido a que se interpolaron más secciones transversales a cada 0.10 m mediante la opción *Xs Interpolation by Reach*.

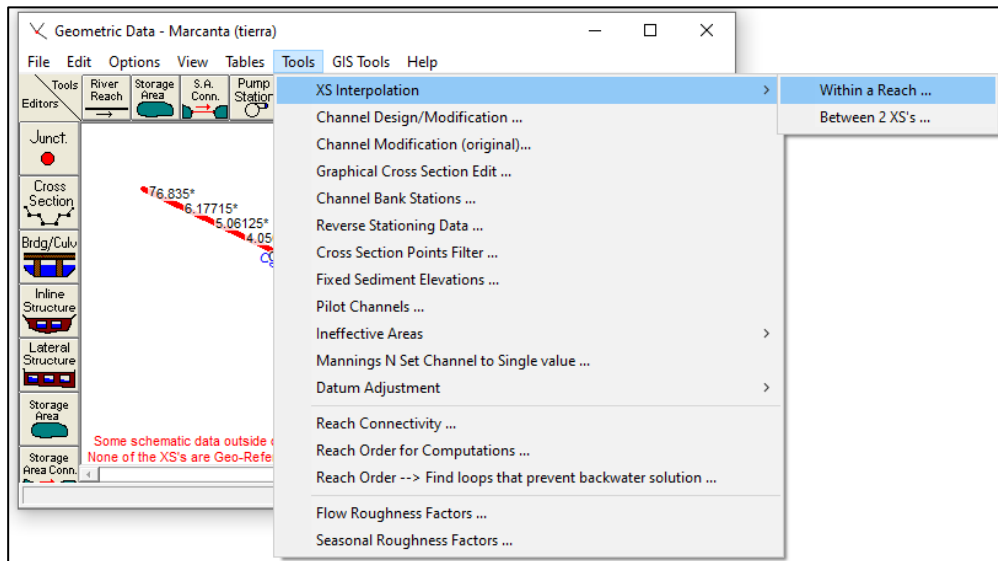


Figura 36. Buscando la opción de interpolación.

Esta opción abre la ventana de interpolación donde se ingresa la máxima distancia entre secciones transversales *Maximun Distancie between XS's*. En este caso se ingresó la distancia de 0.10 m.

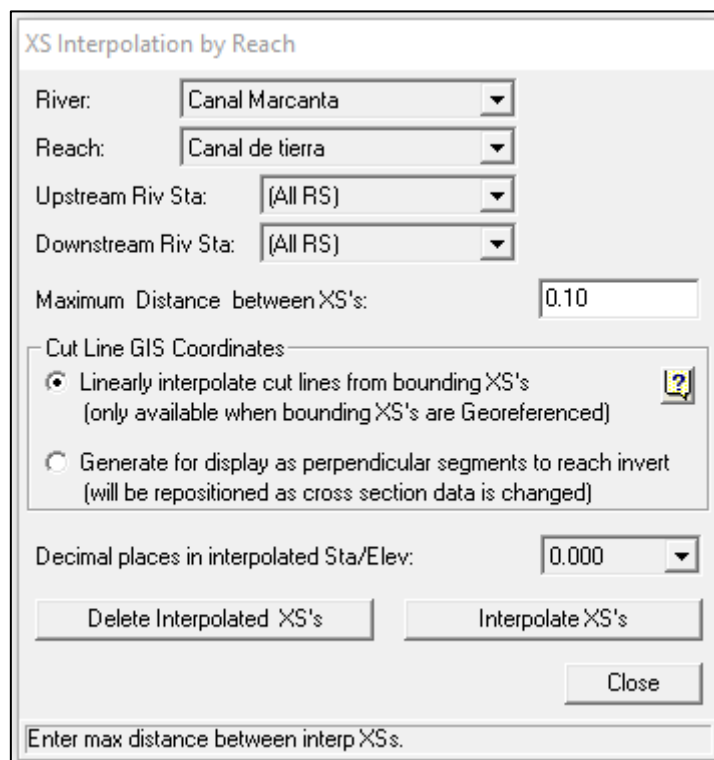


Figura 37. Ventana de interpolación de secciones transversales.

La ventana principal del editor de datos geométricos muestra como ya incluye más secciones transversales, las cuales van seguidas del símbolo asterisco (*).

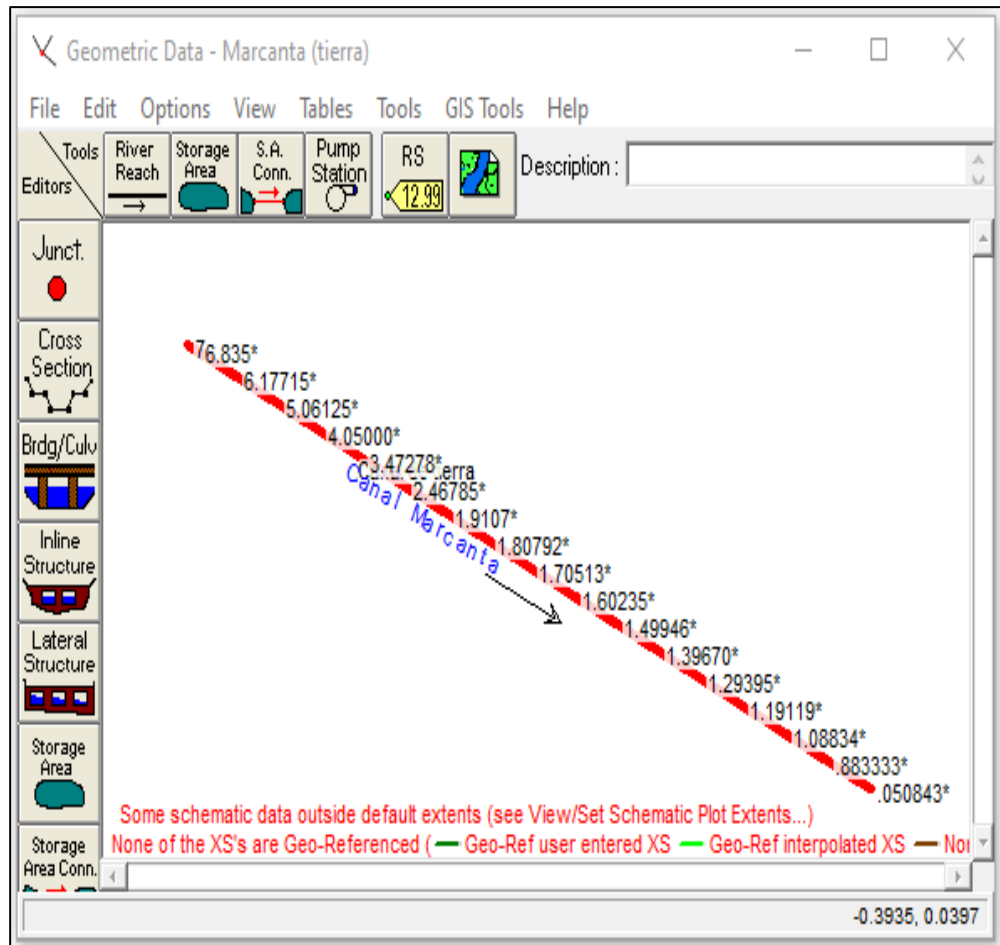


Figura 38. Vista de las nuevas secciones insertadas.

Luego de interpolar se realiza nuevamente el análisis hidráulico con lo cual ya no deben existir advertencias de error. Luego ya es posible observar cada sección transversal mediante la opción *View Cross Section*.

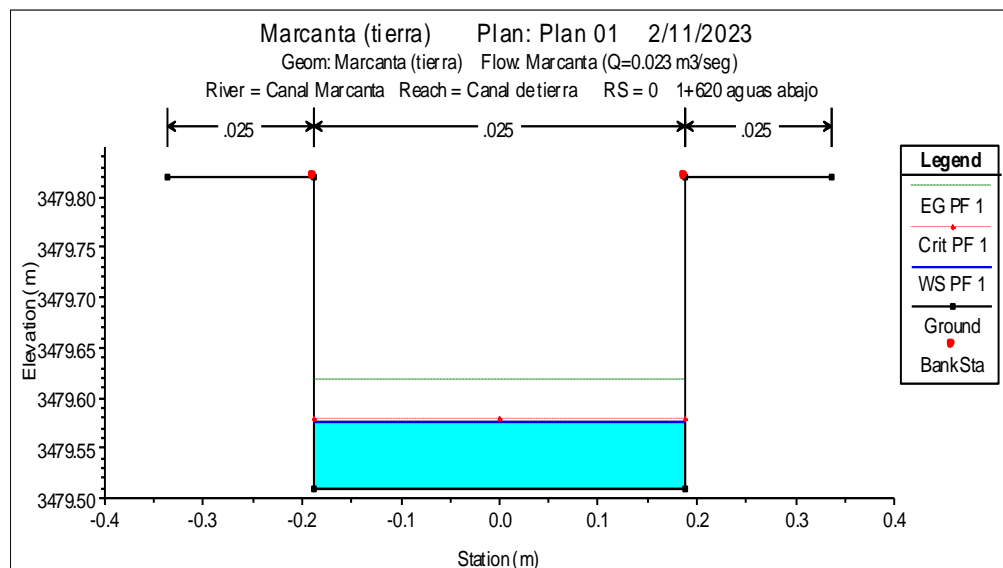


Figura 39. Sección transversal progresiva 1+620

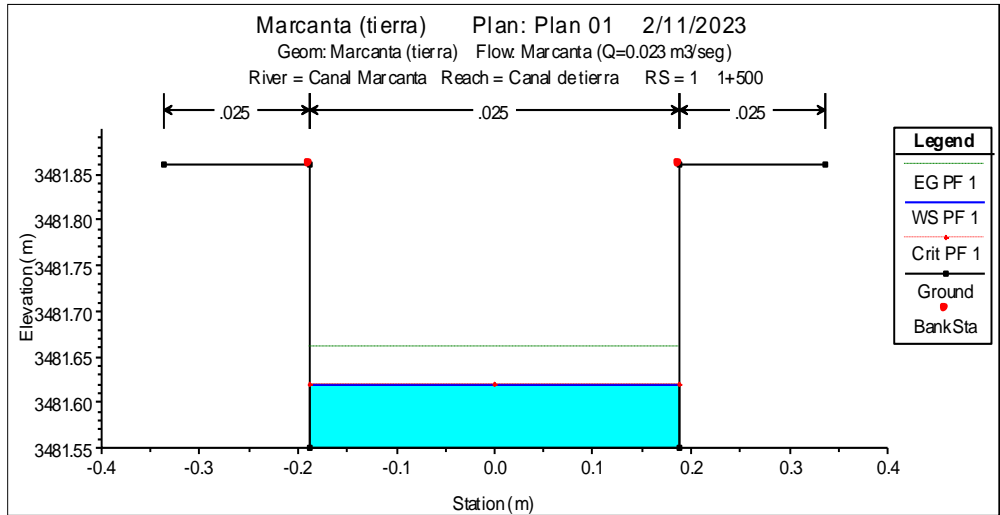


Figura 40. Sección transversal progresiva 1+500

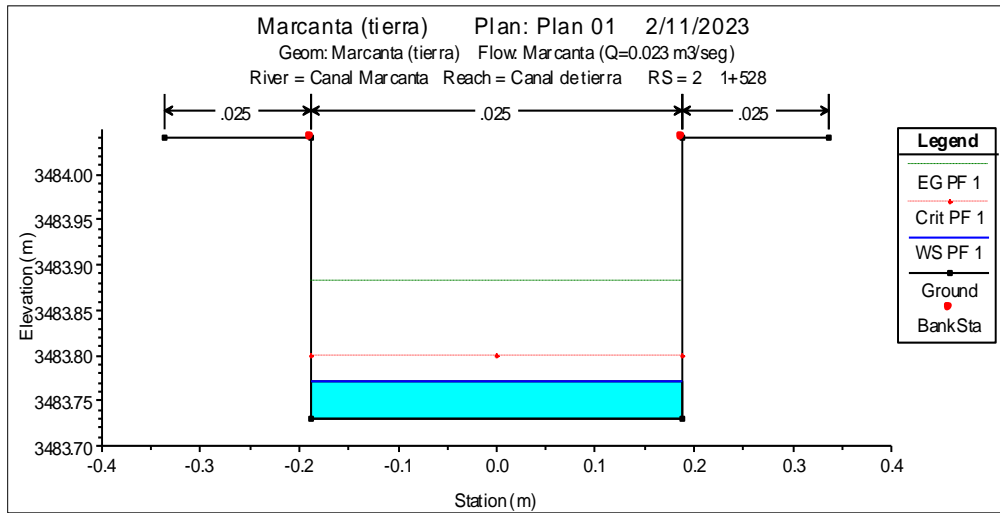


Figura 41. Sección transversal progresiva 0+528

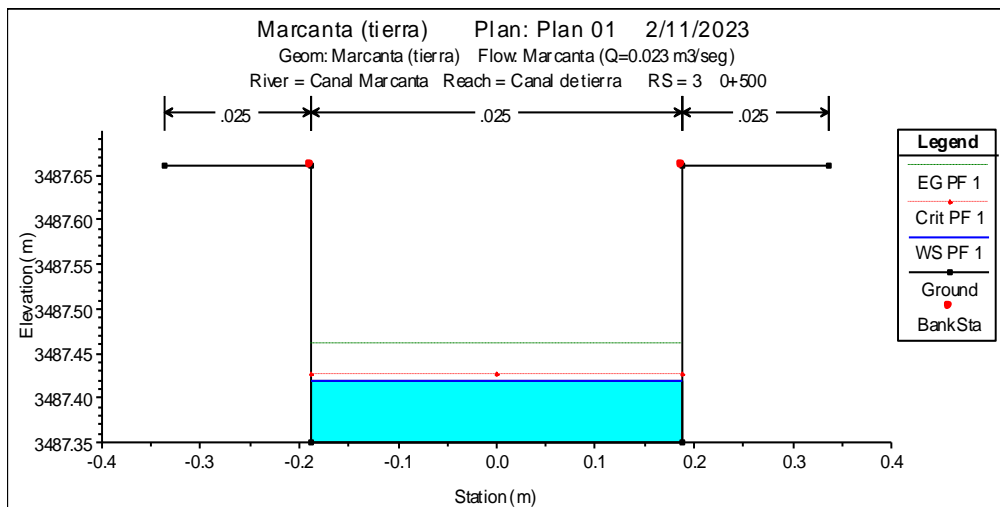


Figura 42. Sección transversal progresiva 0+500

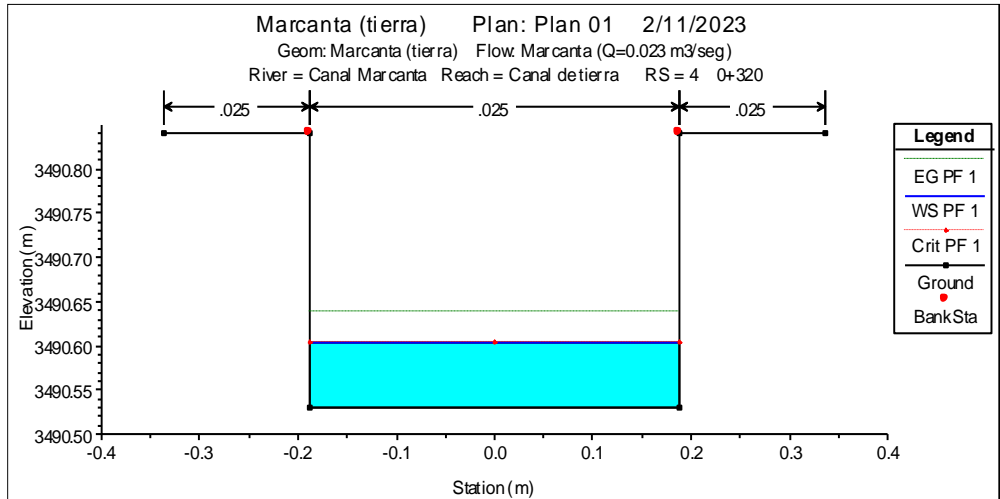


Figura 43. Sección transversal progresiva 0+320

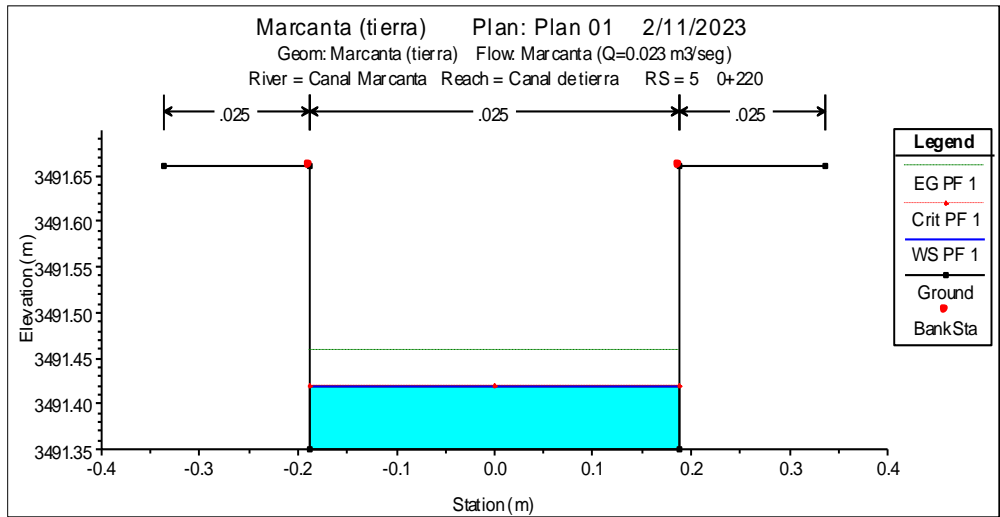


Figura 44. Sección transversal progresiva 0+220

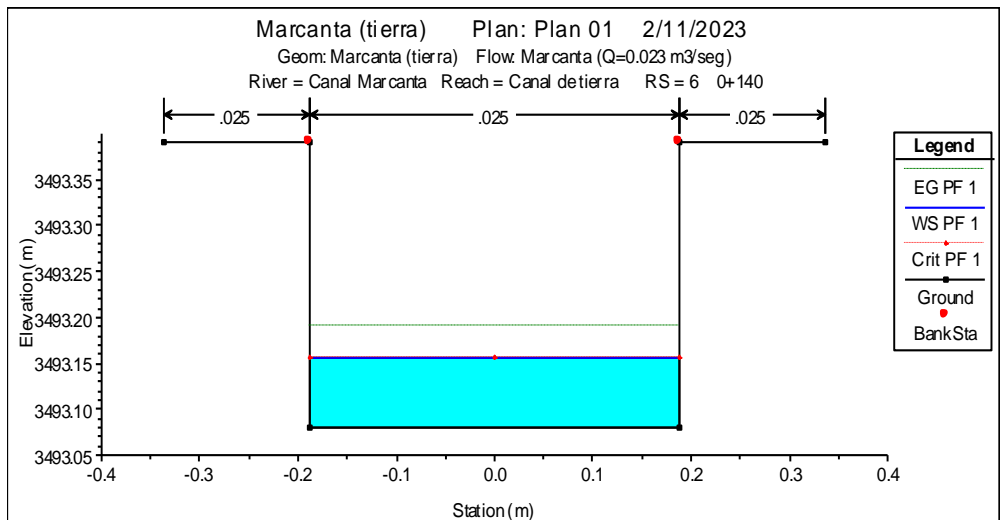


Figura 45. Sección transversal progresiva 0+140

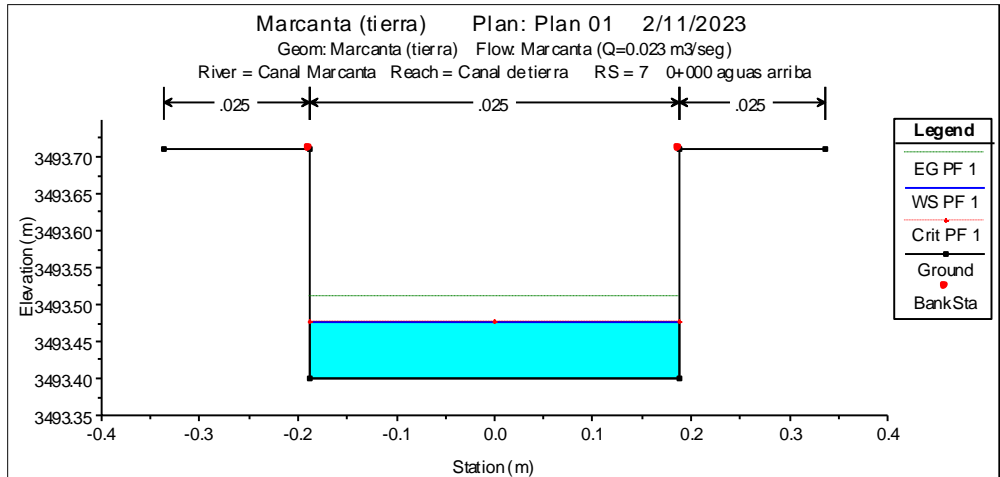


Figura 46. Sección transversal progresiva 0+000

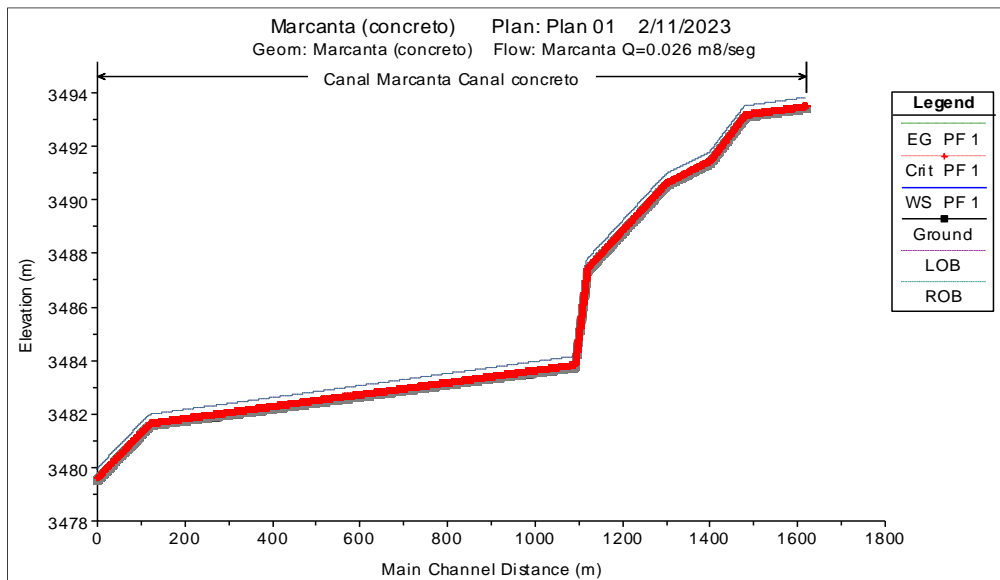


Figura 47. Vista general del Perfil longitudinal del flujo en el canal de tierra

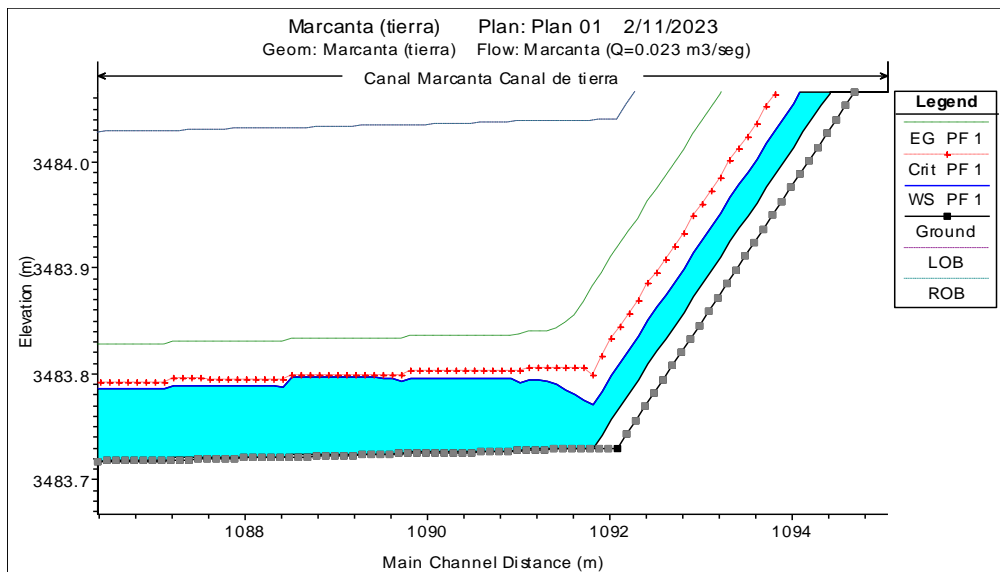


Figura 48. Vista en zoom del Perfil de flujo en la progresiva 0+528

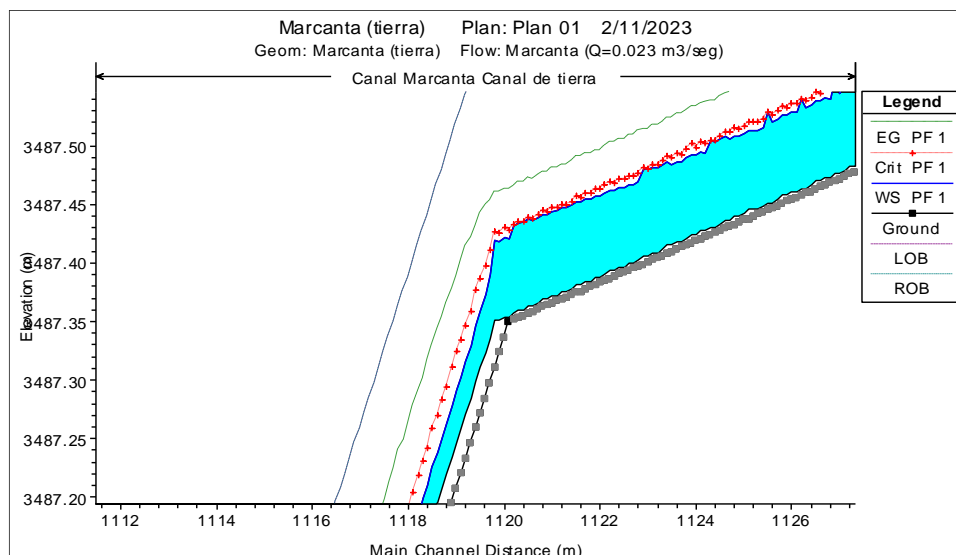


Figura 49. Vista del Perfil de flujo en la progresiva 0+500

Resumen de datos del canal actual simulado:

Tabla VIII
Resultados de la simulación con HEC-RAS 4.1.0 - Canal existente

Sección	Q Total (m ³ /s)	Tirante crítico (m)	Tirante normal (m)	Velocidad (m/s)	Área del flujo (m ²)	Radio hidráulico (m)	No. de Froude	Tipo de flujo
7	0.023	0.08	0.08	0.81	0.03	0.05	0.95	Subcrítico
6	0.023	0.08	0.08	0.81	0.03	0.05	0.94	Subcrítico
5	0.023	0.07	0.07	0.89	0.03	0.05	1.08	Supercrítico
4	0.023	0.07	0.07	0.83	0.03	0.05	0.97	Subcrítico
3	0.023	0.08	0.07	0.89	0.03	0.05	1.09	Supercrítico
2	0.023	0.07	0.04	1.48	0.02	0.03	2.33	Supercrítico
1	0.023	0.07	0.07	0.89	0.03	0.05	1.08	Supercrítico
0	0.023	0.07	0.07	0.90	0.03	0.05	1.10	Supercrítico

Como se observa, el flujo en general es supercrítico, sin embargo, en el resto de los tramos que no lo son se encuentran casi al límite del flujo crítico, esto es debido a las pendientes del canal. Por otro lado, las velocidades son casi uniformes, salvo en algunas excepciones, pero ya denota hacer un mejoramiento para evitar la erosión.

3.2.3 Pérdidas por infiltración

Las pérdidas por infiltración es una de las principales razones que merman la eficiencia de los canales de tierra. Su magnitud depende de la variabilidad del material de fondo del canal y de sus paredes. Para determinar su valor existen diversas teorías que dan origen a métodos de cálculo según sus autores, entre los cuales se tiene a: Etcheverry, E. A. Moritz, Pavlovski, Kostiaikov, David –Wilson, Punjab, T. Inghan. Hcanales V3.1 tiene una opción de cálculo de la infiltración basada en todos estos métodos como se muestra:


Datos: Caudal (Q): <input type="text" value="0.023"/> m ³ /s Ancho de solera (b): <input type="text" value="0.375"/> m Talud (Z): <input type="text" value="0"/> Rugosidad (n): <input type="text" value="0.025"/> Pendiente (S): <input type="text" value="0.017"/> m/m Longitud canal (L): <input type="text" value="0.120"/> Km	Canales en tierra Datos del lecho del canal: Etcheverry Punjab Moritz Pavlovski - Kostiaikov Davis - Wilson Material del lecho del canal: <input type="text" value="Arena"/> Coeficiente permeabilidad m/s: <input type="text" value="55"/> Pérdidas m ³ /s-km: <input type="text" value="0.000670"/>	Canales revestidos  Caudales resultantes: Q perdido: <input type="text" value="0.0001"/> m ³ /s Q final: <input type="text" value="0.0229"/> m ³ /s % pérdidas: <input type="text" value="0.37"/> %																
Resultados hidráulicos parciales: Tirante normal (y): <input type="text" value="0.0802"/> m Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.0301"/> m ² Perímetro (p): <input type="text" value="0.5354"/> m Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.3750"/> m Velocidad (v): <input type="text" value="0.7649"/> m/s	Pérdidas: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fórmula</th> <th>m³/s-km</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ingham</td><td>0.000265</td></tr> <tr><td>Etcheverry</td><td>0.001461</td></tr> <tr><td>Punjab</td><td>0.000654</td></tr> <tr><td>Moritz</td><td>0.000481</td></tr> <tr><td>Pavlovski</td><td>205.830597</td></tr> <tr><td>Kostiaikov</td><td>209.459216</td></tr> <tr><td>Davis-Wilson</td><td>0.000670</td></tr> </tbody> </table> Descartar: <input type="checkbox"/> Ingham <input type="checkbox"/> Etcheverry <input type="checkbox"/> Punjab <input type="checkbox"/> Moritz <input checked="" type="checkbox"/> Pavlovski <input checked="" type="checkbox"/> Kostiaikov <input type="checkbox"/> Davis-Wilson Pérdidas promedio/km (P): <input type="text" value="0.000707"/> m ³ /s-km	Fórmula	m ³ /s-km	Ingham	0.000265	Etcheverry	0.001461	Punjab	0.000654	Moritz	0.000481	Pavlovski	205.830597	Kostiaikov	209.459216	Davis-Wilson	0.000670	
Fórmula	m ³ /s-km																	
Ingham	0.000265																	
Etcheverry	0.001461																	
Punjab	0.000654																	
Moritz	0.000481																	
Pavlovski	205.830597																	
Kostiaikov	209.459216																	
Davis-Wilson	0.000670																	

Figura 50. Calculo de pérdidas por infiltración, tramo 1.


Datos: Caudal (Q): <input type="text" value="0.023"/> m ³ /s Ancho de solera (b): <input type="text" value="0.375"/> m Talud (Z): <input type="text" value="0"/> Rugosidad (n): <input type="text" value="0.025"/> Pendiente (S): <input type="text" value="0.00224"/> m/m Longitud canal (L): <input type="text" value="0.972"/> Km	Canales en tierra Datos del lecho del canal: Etcheverry Punjab Moritz Pavlovski - Kostiaikov Davis - Wilson Material del lecho del canal: <input type="text" value="Arena"/> Coeficiente permeabilidad m/s: <input type="text" value="55"/> Pérdidas m ³ /s-km: <input type="text" value="0.000670"/>	Canales revestidos  Caudales resultantes: Q perdido: <input type="text" value="0.0007"/> m ³ /s Q final: <input type="text" value="0.0223"/> m ³ /s % pérdidas: <input type="text" value="3.10"/> %																
Resultados hidráulicos parciales: Tirante normal (y): <input type="text" value="0.1643"/> m Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.0616"/> m ² Perímetro (p): <input type="text" value="0.7036"/> m Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.3750"/> m Velocidad (v): <input type="text" value="0.3733"/> m/s	Pérdidas: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fórmula</th> <th>m³/s-km</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ingham</td><td>0.000380</td></tr> <tr><td>Etcheverry</td><td>0.001461</td></tr> <tr><td>Punjab</td><td>0.000654</td></tr> <tr><td>Moritz</td><td>0.000481</td></tr> <tr><td>Pavlovski</td><td>205.830597</td></tr> <tr><td>Kostiaikov</td><td>209.459216</td></tr> <tr><td>Davis-Wilson</td><td>0.000670</td></tr> </tbody> </table> Descartar: <input type="checkbox"/> Ingham <input type="checkbox"/> Etcheverry <input type="checkbox"/> Punjab <input type="checkbox"/> Moritz <input checked="" type="checkbox"/> Pavlovski <input checked="" type="checkbox"/> Kostiaikov <input type="checkbox"/> Davis-Wilson Pérdidas promedio/km (P): <input type="text" value="0.000729"/> m ³ /s-km	Fórmula	m ³ /s-km	Ingham	0.000380	Etcheverry	0.001461	Punjab	0.000654	Moritz	0.000481	Pavlovski	205.830597	Kostiaikov	209.459216	Davis-Wilson	0.000670	
Fórmula	m ³ /s-km																	
Ingham	0.000380																	
Etcheverry	0.001461																	
Punjab	0.000654																	
Moritz	0.000481																	
Pavlovski	205.830597																	
Kostiaikov	209.459216																	
Davis-Wilson	0.000670																	

Figura 51. Calculo de pérdidas por infiltración, tramo 2.

Datos: Caudal (Q): <input type="text" value="0.023"/> m ³ /s Ancho de solera (b): <input type="text" value="0.375"/> m Talud (Z): <input type="text" value="0"/> Rugosidad (n): <input type="text" value="0.025"/> Pendiente (S): <input type="text" value="0.12929"/> m/m Longitud canal (L): <input type="text" value="0.028"/> Km	Canales en tierra Datos del lecho del canal: Etcheverry Punjab Moritz Pavlovski - Kostiaikov Davis - Wilson Material del lecho del canal: <input type="text" value="Arena"/> Coeficiente permeabilidad m/s: <input type="text" value="55"/> Pérdidas m ³ /s-km: <input type="text" value="0.000670"/>	Canales revestidos  Caudales resultantes: Q perdido: <input type="text" value="0.0000"/> m ³ /s Q final: <input type="text" value="0.0230"/> m ³ /s % pérdidas: <input type="text" value="0.08"/> %																
Resultados hidráulicos parciales: Tirante normal (y): <input type="text" value="0.0409"/> m Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.0154"/> m ² Perímetro (p): <input type="text" value="0.4569"/> m Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.3750"/> m Velocidad (v): <input type="text" value="1.4979"/> m/s Cuidado velocidad erosiva	Pérdidas: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fórmula</th> <th>m³/s-km</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ingham</td><td>0.000190</td></tr> <tr><td>Etcheverry</td><td>0.001461</td></tr> <tr><td>Punjab</td><td>0.000654</td></tr> <tr><td>Moritz</td><td>0.000481</td></tr> <tr><td>Pavlovski</td><td>205.830597</td></tr> <tr><td>Kostiaikov</td><td>209.459216</td></tr> <tr><td>Davis-Wilson</td><td>0.000670</td></tr> </tbody> </table> Descartar: <input type="checkbox"/> Ingham <input type="checkbox"/> Etcheverry <input type="checkbox"/> Punjab <input type="checkbox"/> Moritz <input checked="" type="checkbox"/> Pavlovski <input checked="" type="checkbox"/> Kostiaikov <input type="checkbox"/> Davis-Wilson Pérdidas promedio/km (P): <input type="text" value="0.000691"/> m ³ /s-km	Fórmula	m ³ /s-km	Ingham	0.000190	Etcheverry	0.001461	Punjab	0.000654	Moritz	0.000481	Pavlovski	205.830597	Kostiaikov	209.459216	Davis-Wilson	0.000670	
Fórmula	m ³ /s-km																	
Ingham	0.000190																	
Etcheverry	0.001461																	
Punjab	0.000654																	
Moritz	0.000481																	
Pavlovski	205.830597																	
Kostiaikov	209.459216																	
Davis-Wilson	0.000670																	

Figura 52. Calculo de pérdidas por infiltración, tramo 3.


<p>Datos:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.023"/> m³/s</p> <p>Ancho de solera (b): <input type="text" value="0.375"/> m</p> <p>Talud (Z): <input type="text" value="0"/></p> <p>Rugosidad (n): <input type="text" value="0.025"/></p> <p>Pendiente (S): <input type="text" value="0.01767"/> m/m</p> <p>Longitud canal (L): <input type="text" value="0.180"/> Km</p>	<p>Canales en tierra</p> <p>Datos del lecho del canal:</p> <p>Etcheverry Punjab Moritz </p> <p>Pavlovski - Kostikov Davis - Wilson</p> <p>Material del lecho del canal: <input type="text" value="Arena"/></p> <p>Coefficiente permeabilidad m/s: <input type="text" value="55"/></p> <p>Pérdidas m³/s-km: <input type="text" value="0.000670"/></p>	<p>Canales revestidos</p> 																
<p>Resultados hidráulicos parciales:</p> <p>Tirante normal (y): <input type="text" value="0.0791"/> m</p> <p>Area hidráulica (A): <input type="text" value="0.0297"/> m²</p> <p>Perímetro (p): <input type="text" value="0.5333"/> m</p> <p>Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.3750"/> m</p> <p>Velocidad (v): <input type="text" value="0.7750"/> m/s</p>	<p>Pérdidas:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fórmula</th> <th>m³/s-km</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ingham</td><td>0.000264</td></tr> <tr><td>Etcheverry</td><td>0.001461</td></tr> <tr><td>Punjab</td><td>0.000654</td></tr> <tr><td>Moritz</td><td>0.000481</td></tr> <tr><td>Pavlovski</td><td>205.830597</td></tr> <tr><td>Kostikov</td><td>209.459216</td></tr> <tr><td>Davis-Wilson</td><td>0.000670</td></tr> </tbody> </table> <p>Descartar:</p> <p><input type="checkbox"/> Ingham</p> <p><input type="checkbox"/> Etcheverry</p> <p><input type="checkbox"/> Punjab</p> <p><input type="checkbox"/> Moritz</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Pavlovski</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Kostikov</p> <p><input type="checkbox"/> Davis-Wilson</p> <p>Pérdidas promedio/km (P): <input type="text" value="0.000706"/> m³/s-km</p>	Fórmula	m ³ /s-km	Ingham	0.000264	Etcheverry	0.001461	Punjab	0.000654	Moritz	0.000481	Pavlovski	205.830597	Kostikov	209.459216	Davis-Wilson	0.000670	<p>Caudales resultantes:</p> <p>Q perdido: <input type="text" value="0.0001"/> m³/s</p> <p>Q final: <input type="text" value="0.0229"/> m³/s</p> <p>% pérdidas: <input type="text" value="0.55"/> %</p>
Fórmula	m ³ /s-km																	
Ingham	0.000264																	
Etcheverry	0.001461																	
Punjab	0.000654																	
Moritz	0.000481																	
Pavlovski	205.830597																	
Kostikov	209.459216																	
Davis-Wilson	0.000670																	

Figura 53. Calculo de pérdidas por infiltración, tramo 4.


<p>Datos:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.023"/> m³/s</p> <p>Ancho de solera (b): <input type="text" value="0.375"/> m</p> <p>Talud (Z): <input type="text" value="0"/></p> <p>Rugosidad (n): <input type="text" value="0.025"/></p> <p>Pendiente (S): <input type="text" value="0.00820"/> m/m</p> <p>Longitud canal (L): <input type="text" value="0.100"/> Km</p>	<p>Canales en tierra</p> <p>Datos del lecho del canal:</p> <p>Etcheverry Punjab Moritz </p> <p>Pavlovski - Kostikov Davis - Wilson</p> <p>Material del lecho del canal: <input type="text" value="Arena"/></p> <p>Coefficiente permeabilidad m/s: <input type="text" value="55"/></p> <p>Pérdidas m³/s-km: <input type="text" value="0.000670"/></p>	<p>Canales revestidos</p> 																
<p>Resultados hidráulicos parciales:</p> <p>Tirante normal (y): <input type="text" value="0.1031"/> m</p> <p>Area hidráulica (A): <input type="text" value="0.0387"/> m²</p> <p>Perímetro (p): <input type="text" value="0.5813"/> m</p> <p>Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.3750"/> m</p> <p>Velocidad (v): <input type="text" value="0.5947"/> m/s</p>	<p>Pérdidas:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fórmula</th> <th>m³/s-km</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ingham</td><td>0.000301</td></tr> <tr><td>Etcheverry</td><td>0.001461</td></tr> <tr><td>Punjab</td><td>0.000654</td></tr> <tr><td>Moritz</td><td>0.000481</td></tr> <tr><td>Pavlovski</td><td>205.830597</td></tr> <tr><td>Kostikov</td><td>209.459216</td></tr> <tr><td>Davis-Wilson</td><td>0.000670</td></tr> </tbody> </table> <p>Descartar:</p> <p><input type="checkbox"/> Ingham</p> <p><input type="checkbox"/> Etcheverry</p> <p><input type="checkbox"/> Punjab</p> <p><input type="checkbox"/> Moritz</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Pavlovski</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Kostikov</p> <p><input type="checkbox"/> Davis-Wilson</p> <p>Pérdidas promedio/km (P): <input type="text" value="0.000714"/> m³/s-km</p>	Fórmula	m ³ /s-km	Ingham	0.000301	Etcheverry	0.001461	Punjab	0.000654	Moritz	0.000481	Pavlovski	205.830597	Kostikov	209.459216	Davis-Wilson	0.000670	<p>Caudales resultantes:</p> <p>Q perdido: <input type="text" value="0.0001"/> m³/s</p> <p>Q final: <input type="text" value="0.0229"/> m³/s</p> <p>% pérdidas: <input type="text" value="0.31"/> %</p>
Fórmula	m ³ /s-km																	
Ingham	0.000301																	
Etcheverry	0.001461																	
Punjab	0.000654																	
Moritz	0.000481																	
Pavlovski	205.830597																	
Kostikov	209.459216																	
Davis-Wilson	0.000670																	

Figura 54. Calculo de pérdidas por infiltración, tramo 5.

<p>Datos:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.023"/> m³/s</p> <p>Ancho de solera (b): <input type="text" value="0.375"/> m</p> <p>Talud (Z): <input type="text" value="0"/></p> <p>Rugosidad (n): <input type="text" value="0.025"/></p> <p>Pendiente (S): <input type="text" value="0.02163"/> m/m</p> <p>Longitud canal (L): <input type="text" value="0.080"/> Km</p>	<p>Canales en tierra</p> <p>Datos del lecho del canal:</p> <p>Etcheverry Punjab Moritz </p> <p>Pavlovski - Kostikov Davis - Wilson</p> <p>Material del lecho del canal: <input type="text" value="Arena"/></p> <p>Coefficiente permeabilidad m/s: <input type="text" value="55"/></p> <p>Pérdidas m³/s-km: <input type="text" value="0.000670"/></p>	<p>Canales revestidos</p> 																
<p>Resultados hidráulicos parciales:</p> <p>Tirante normal (y): <input type="text" value="0.0739"/> m</p> <p>Area hidráulica (A): <input type="text" value="0.0277"/> m²</p> <p>Perímetro (p): <input type="text" value="0.5228"/> m</p> <p>Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.3750"/> m</p> <p>Velocidad (v): <input type="text" value="0.8301"/> m/s</p>	<p>Pérdidas:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fórmula</th> <th>m³/s-km</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ingham</td><td>0.000255</td></tr> <tr><td>Etcheverry</td><td>0.001461</td></tr> <tr><td>Punjab</td><td>0.000654</td></tr> <tr><td>Moritz</td><td>0.000481</td></tr> <tr><td>Pavlovski</td><td>205.830597</td></tr> <tr><td>Kostikov</td><td>209.459216</td></tr> <tr><td>Davis-Wilson</td><td>0.000670</td></tr> </tbody> </table> <p>Descartar:</p> <p><input type="checkbox"/> Ingham</p> <p><input type="checkbox"/> Etcheverry</p> <p><input type="checkbox"/> Punjab</p> <p><input type="checkbox"/> Moritz</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Pavlovski</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Kostikov</p> <p><input type="checkbox"/> Davis-Wilson</p> <p>Pérdidas promedio/km (P): <input type="text" value="0.000704"/> m³/s-km</p>	Fórmula	m ³ /s-km	Ingham	0.000255	Etcheverry	0.001461	Punjab	0.000654	Moritz	0.000481	Pavlovski	205.830597	Kostikov	209.459216	Davis-Wilson	0.000670	<p>Caudales resultantes:</p> <p>Q perdido: <input type="text" value="0.0001"/> m³/s</p> <p>Q final: <input type="text" value="0.0229"/> m³/s</p> <p>% pérdidas: <input type="text" value="0.25"/> %</p>
Fórmula	m ³ /s-km																	
Ingham	0.000255																	
Etcheverry	0.001461																	
Punjab	0.000654																	
Moritz	0.000481																	
Pavlovski	205.830597																	
Kostikov	209.459216																	
Davis-Wilson	0.000670																	

Figura 55. Calculo de pérdidas por infiltración, tramo 6.

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m

Longitud canal (L): Km

Canales en tierra

Datos del lecho del canal:

Etcheverry | Punjab | Moritz


Pavlovski - Kostiakov | Davis - Wilson

Material del lecho del canal:

Coefficiente permeabilidad m/s:

Pérdidas m³/s-km:

Canales revestidos



Resultados hidráulicos parciales:

Tirante normal (y): m

Area hidráulica (A): m²

Perímetro (p): m

Espejo de agua (T): m

Velocidad (v): m/s

Pérdidas:

Fórmula	m ³ /s-km
Ingham	0.000378
Etcheverry	0.001461
Punjab	0.000654
Moritz	0.000481
Pavlovski	205.830597
Kostiakov	209.459216
Davis-Wilson	0.000670

Pérdidas promedio/km (P): m³/s-km

Caudales resultantes:

Q perdido: m³/s

Q final: m³/s

% pérdidas: %

Figura 56. Calculo de pérdidas por infiltración, tramo 7.

Tabla IX
Resumen de pérdidas por infiltración

Tramo	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	Pérdidas promedio/km (m ³ /s-km)	Q perdido (m ³ /s)	Q final (m ³ /s)	% de pérdidas
1	120	0.01700	0.000707	0.0001	0.0229	0.37
2	972	0.00224	0.000729	0.0007	0.0223	3.10
3	28	0.12929	0.000691	0.0000	0.0230	0.08
4	180	0.01767	0.000706	0.0001	0.0229	0.55
5	100	0.00820	0.000714	0.0001	0.0229	0.31
6	80	0.02163	0.000704	0.0001	0.0229	0.25
7	140	0.00229	0.000729	0.0001	0.0229	0.44
1620				0.0012		5.1000

De acuerdo a lo observado en la tabla anterior en todo el canal se acumula 5.10% de pérdidas por infiltración.

3.2.5 Evaluación de la eficiencia del canal actual

Según la capacidad de conducción actual:

$$E_{\text{conducción}} = \frac{Q_{\text{aforo}}}{Q_{\text{disponible}}} \times 100\%$$

$$E_{\text{conducción}} = \frac{0.023}{0.026} \times 100\%$$

$$E_{\text{conducción}} = 88.46\%$$

Según las pérdidas por infiltración:

$$E_{\text{infiltración}} = 100\% - \text{Total \%}_{\text{canal}}$$

$$E_{\text{infiltración}} = 100.00\% - \% \text{ Total de pérdidas}$$

$$E_{\text{infiltración}} = 100.00 \% - 5.10 \%$$

$$E_{\text{infiltración}} = 94.90 \%$$

De acuerdo a estos resultados el canal tiene 11.54 % de pérdida de eficiencia en la conducción, debido a las irregularidades del canal y 5.10 % de pérdidas por infiltración debido a la permeabilidad de su fondo en condiciones actuales. Por consiguiente, el canal debe ser revestido.

3.2.6 Propuesta técnica de mejoramiento

Alternativa 1

En este caso se plantea usar una sección transversal de máxima eficiencia hidráulica. El manual: “Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos”, del ANA [14] menciona que debe existir una relación directa del perímetro mojado mínimo con la eficiencia, recomendando la relación:

$$\frac{b}{y} = 2 \times \text{tg} \left[\frac{\theta}{2} \right]$$

Siendo: θ = Ángulo del talud respecto a la horizontal

b = Ancho del fondo del canal (m)

y = tirante (m)

Considerando que la sección transversal es rectangular, entonces el talud es vertical y por tal razón la relación b/y sería:

$$\frac{b}{y} = 2$$

Esta relación se puede aplicar a cada tramo del canal donde “ y ” es el tirante normal calculado con HEC-RAS, obteniendo:

Tabla X
Relación b/y para secciones rectangulares de MEH

Sección	Tirante normal (y) (m)	Relación de máxima eficiencia	$b = 2y$ (m)
7	0.08	2	0.16
6	0.08	2	0.16
5	0.07	2	0.14
4	0.07	2	0.14
3	0.07	2	0.14
2	0.04	2	0.08
1	0.07	2	0.14
0	0.07	2	0.14

Todos los valores observados son menores que la base actual del canal que es de 0.375m. Además, es un ancho muy pequeño que no es conveniente para el proceso constructivo.

Considerando una sección transversal para una mínima infiltración se puede utilizar la siguiente expresión:

$$\frac{b}{y} = 4 \times \operatorname{tg} \left[\frac{\theta}{2} \right]$$

Para $\theta = 90$ entonces:

$$\frac{b}{y} = 4$$

Tabla XI
Relación b/y para secciones rectangulares de mínima infiltración

Sección	Tirante normal (y) (m)	Relación de mínima infiltración	b = 4y
7	0.08	4	0.32
6	0.08	4	0.32
5	0.07	4	0.28
4	0.07	4	0.28
3	0.07	4	0.28
2	0.04	4	0.16
1	0.07	4	0.28
0	0.07	4	0.28

En este caso la condición de mínima infiltración requiere un ancho de base mucho mayor, por lo cual se tomará:

$$b = 0.32 \text{ m} \cong 0.35 \text{ m}$$

Considerando el tirante máximo: $y = 0.08 \text{ m} \cong 0.10 \text{ m}$ y un borde libre de 0.30 m, recomendado por IMEFEN [15] extraído del United States Bureau of Reclamation para canales pequeños y poco profundos, la altura total de la pared vertical del canal será:

$$H = y + BL$$

$$H = 0.10 + 0.30$$

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

Luego las coordenadas de esta sección transversal de máxima eficiencia hidráulica serán:

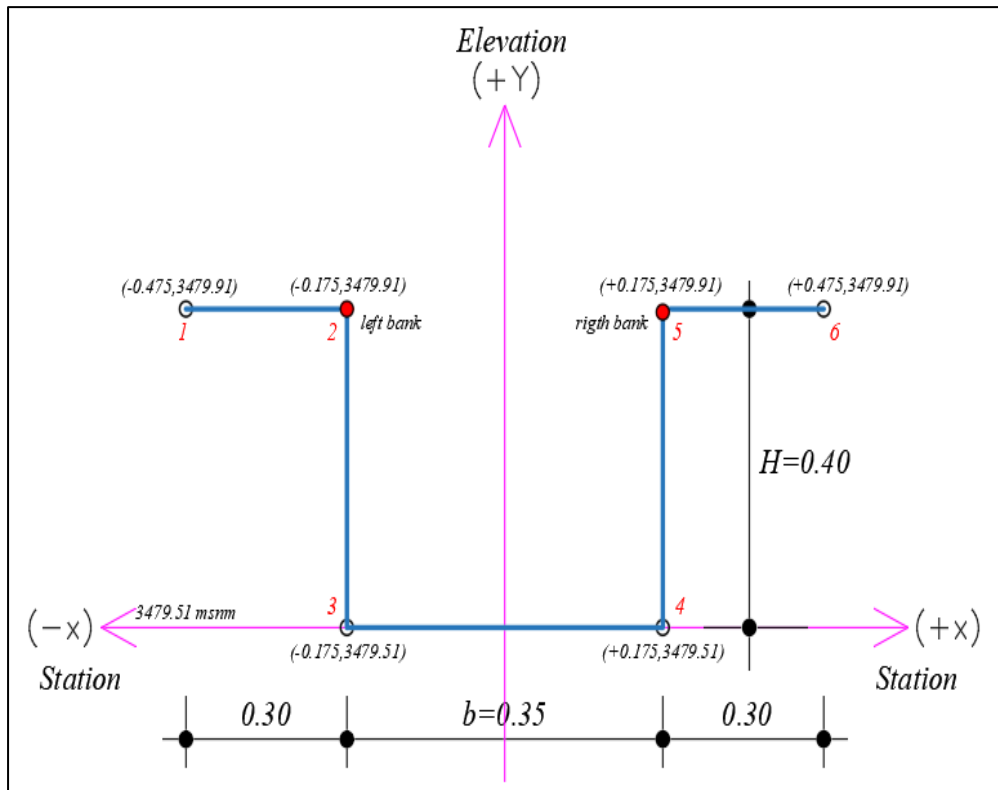


Figura 57. Coordenadas para la sección de concreto con máxima eficiencia.

Estas coordenadas se ingresaron al HEC-RAS 4.1.0 para un caudal máximo disponible de $Q = 0.026$ m³/seg y una rugosidad de $n = 0.014$ para superficies de concreto, siguiendo el mismo procedimiento anterior para la condición actual, se tiene:

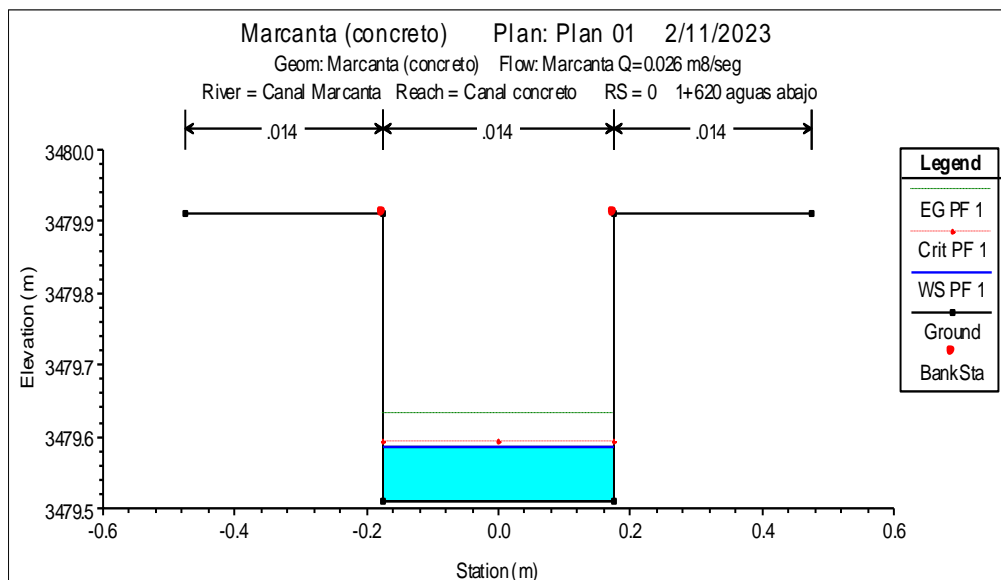


Figura 58. Sección del canal de concreto – progresiva 1+620 aguas abajo

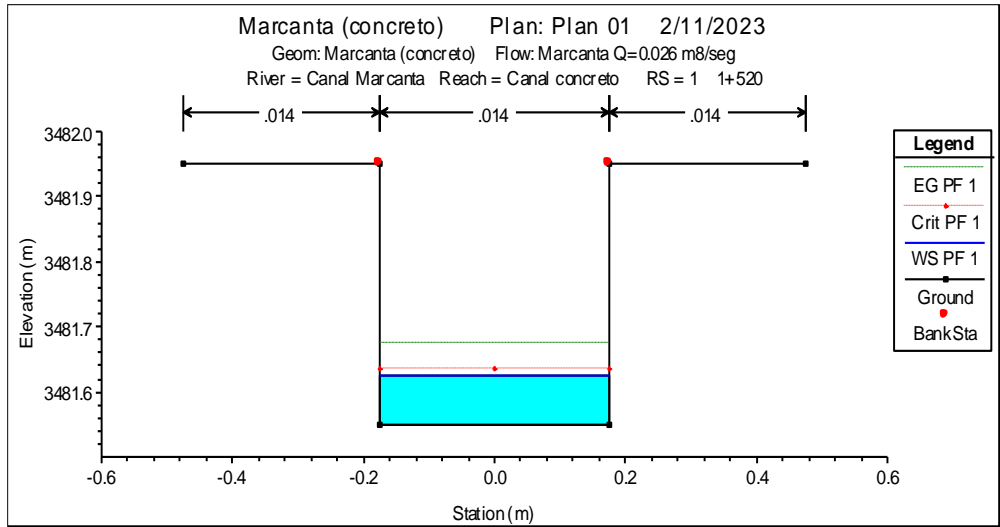


Figura 59. Sección del canal de concreto – progresiva 1+520

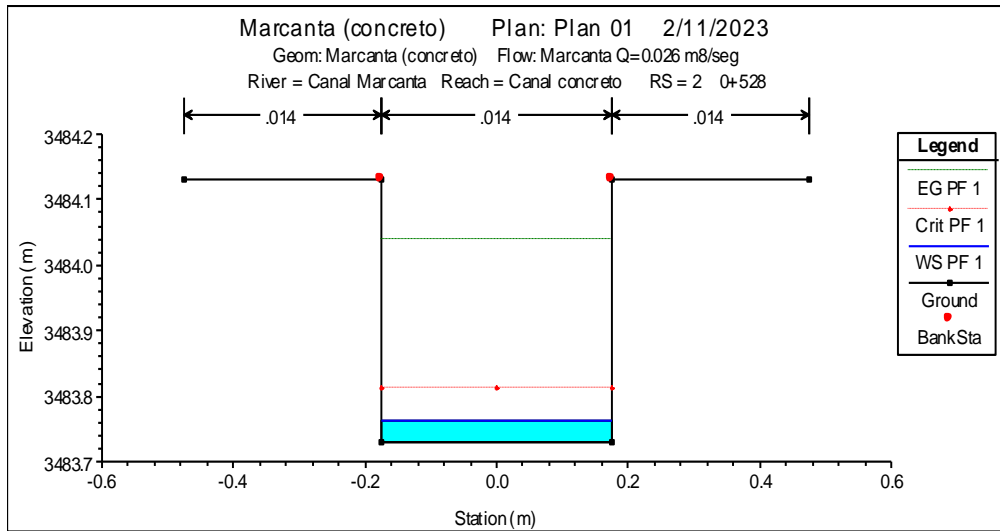


Figura 60. Sección del canal de concreto – progresiva 0+528

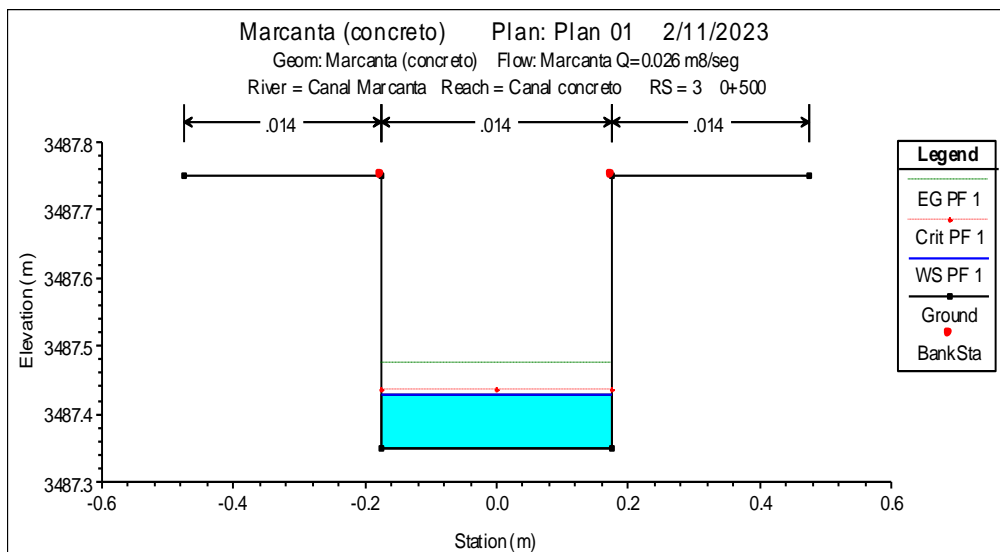


Figura 61. Sección del canal de concreto – progresiva 0+500

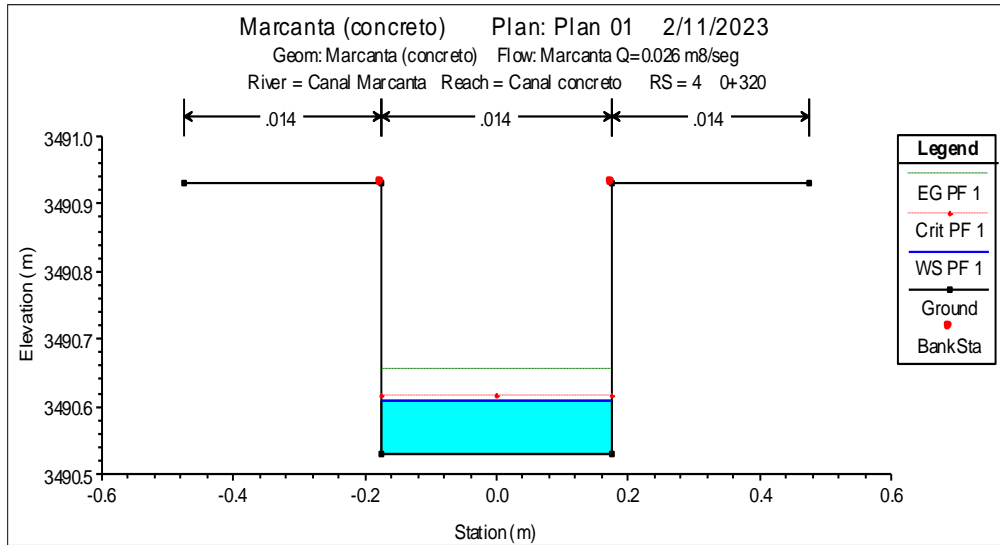


Figura 62. Sección del canal de concreto – progresiva 0+320

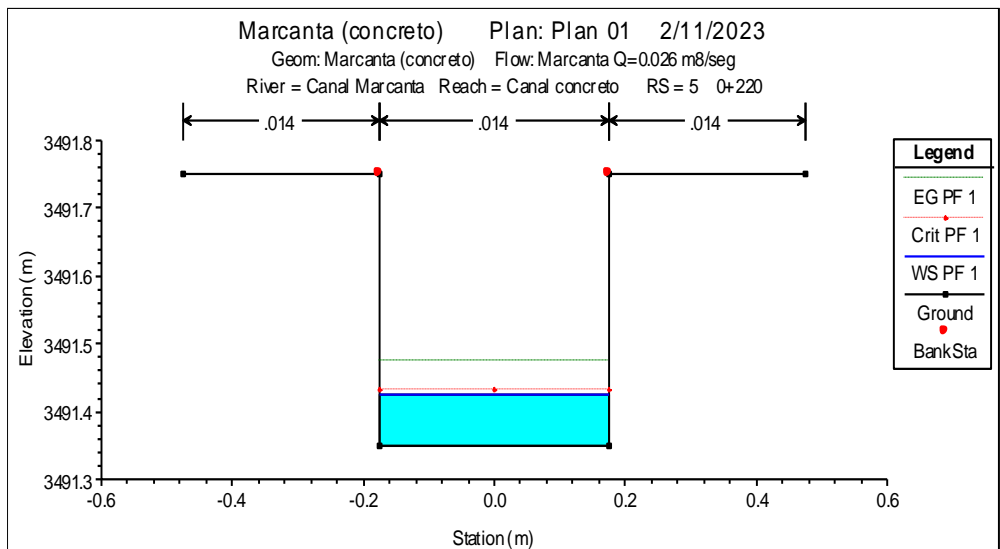


Figura 63. Sección del canal de concreto – progresiva 0+220

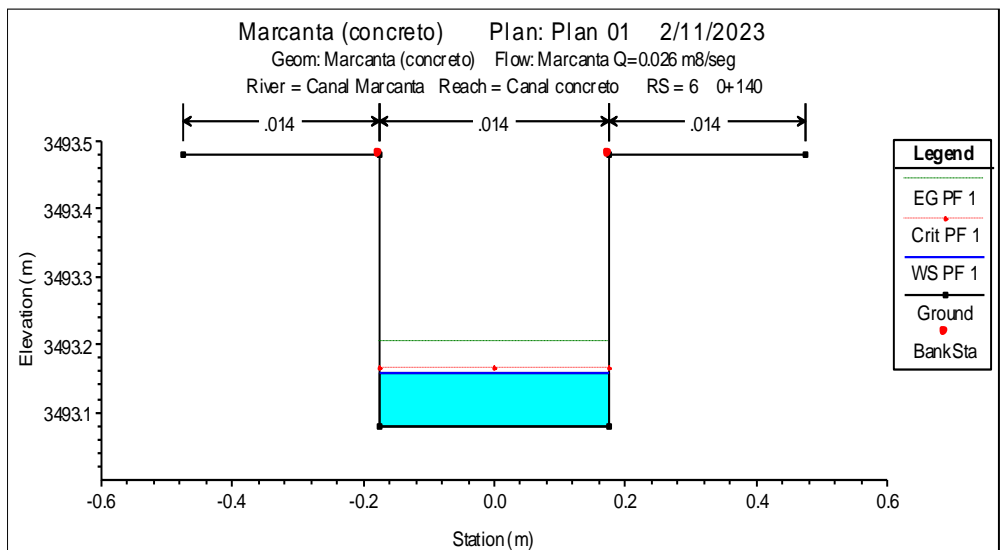


Figura 64. Sección del canal de concreto – progresiva 0+140

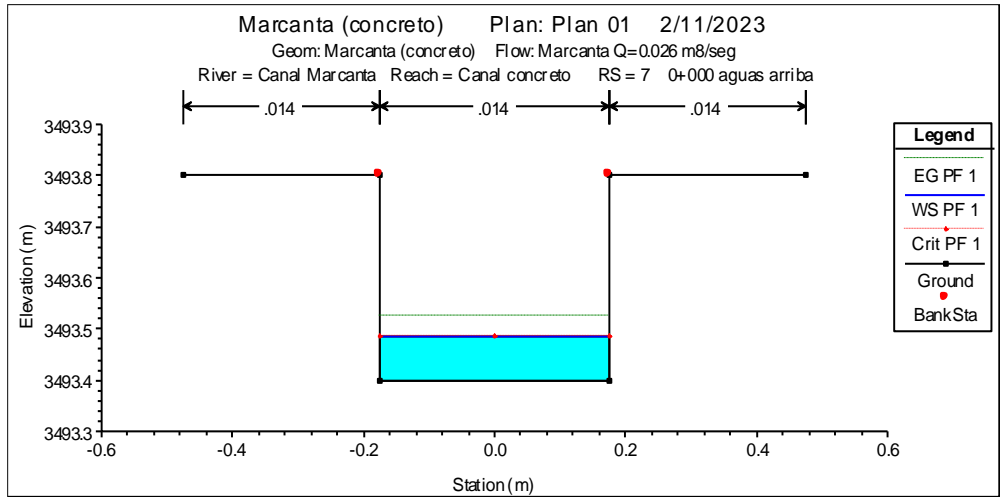


Figura 65. Sección del canal de concreto – progresiva 0+000 agua arriba

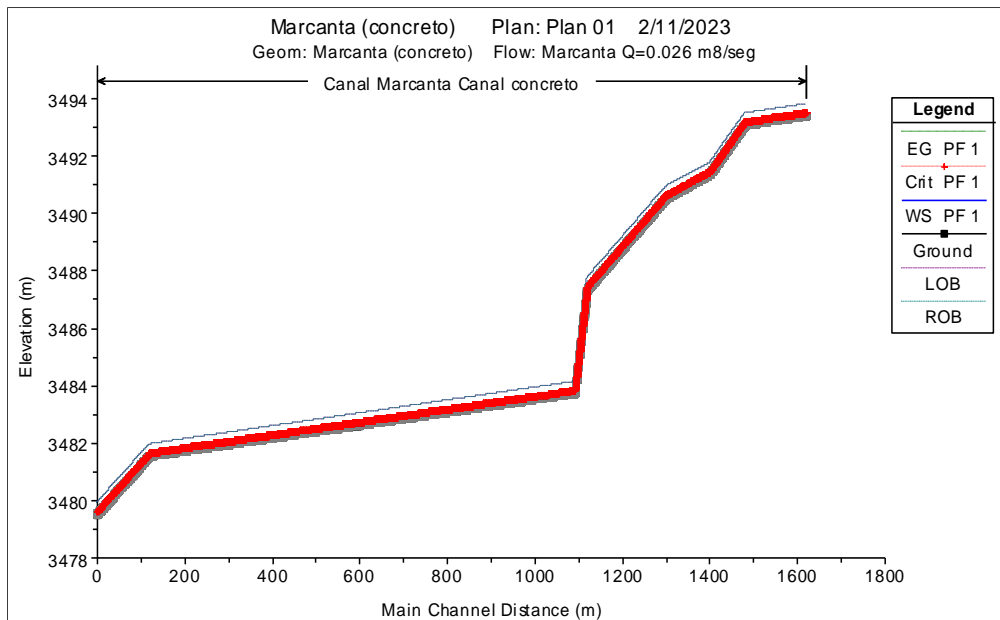


Figura 66. Perfil general del flujo en el canal con sección de concreto

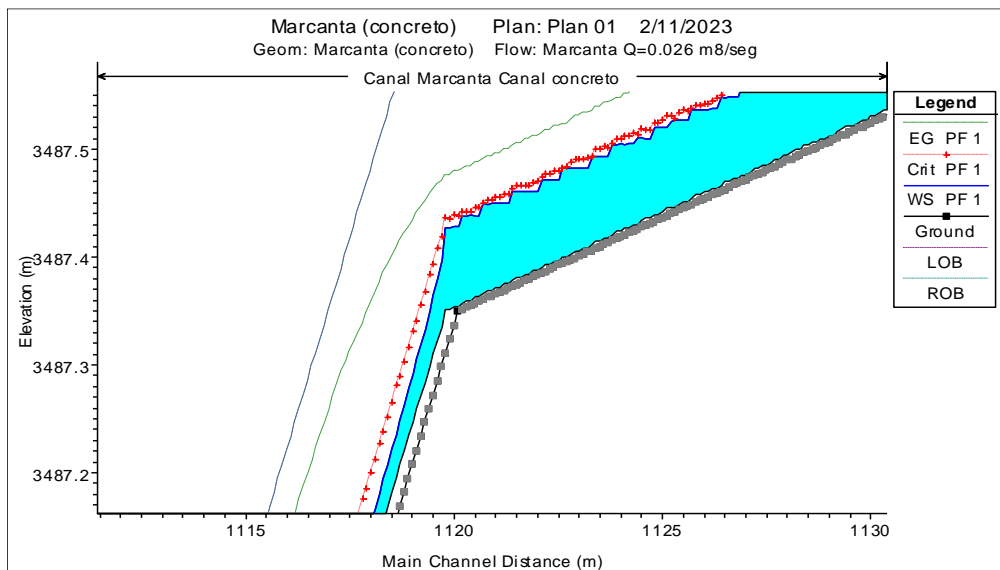


Figura 67. Perfil con acercamiento sección de concreto 0+500

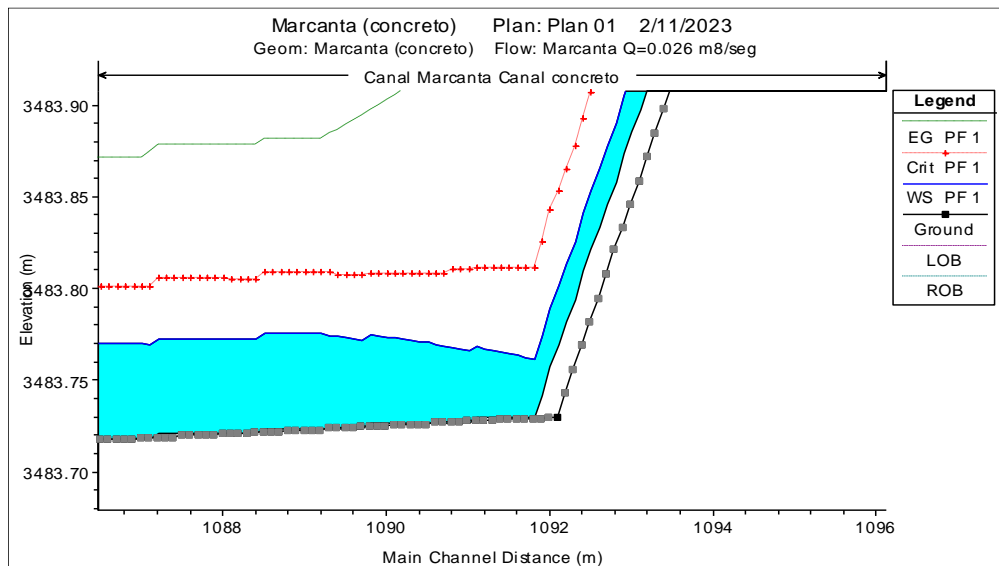


Figura 68. Perfil con acercamiento sección de concreto 0+528

Tabla XII
 Resumen de parámetros hidráulicos del canal de concreto

Sección	Q Total (m³/s)	Tirante crítico (m)	Tirante normal (m)	Veloc. (m/s)	Área del flujo (m²)	Radio hidrául. (m)	No. de Froude	Tipo de flujo
7	0.026	0.09	0.09	0.87	0.03	0.06	0.95	Subcrítico
6	0.026	0.08	0.08	0.97	0.03	0.05	1.12	Supercrítico
5	0.026	0.08	0.08	0.97	0.03	0.05	1.12	Supercrítico
4	0.026	0.09	0.08	0.95	0.03	0.05	1.09	Supercrítico
3	0.026	0.09	0.08	0.98	0.03	0.05	1.13	Supercrítico
2	0.026	0.08	0.03	2.33	0.01	0.03	4.17	Supercrítico
1	0.026	0.08	0.07	0.99	0.03	0.05	1.16	Supercrítico
0	0.026	0.08	0.08	0.95	0.03	0.05	1.08	Supercrítico

Aquí se aprecia que el tipo de flujo se uniformiza a supercrítico, debido que las velocidades son mayores a las registradas en la condición de canal de tierra.

La condición de rugosidad del canal de concreto implica precisamente el incremento de velocidad debido a que la superficie de concreto ofrece menor resistencia al paso del flujo.

Asimismo, ya no se presenta el problema de erosión debido a la dureza del material del canal propuesto, lo que garantiza la eficiencia en la conducción.

El siguiente paso consistió en comprobar que no existen pérdidas por infiltración, para lo cual se aplica el mismo procedimiento anterior usado para el canal de tierra, usando el programa Hcanales V3.1.

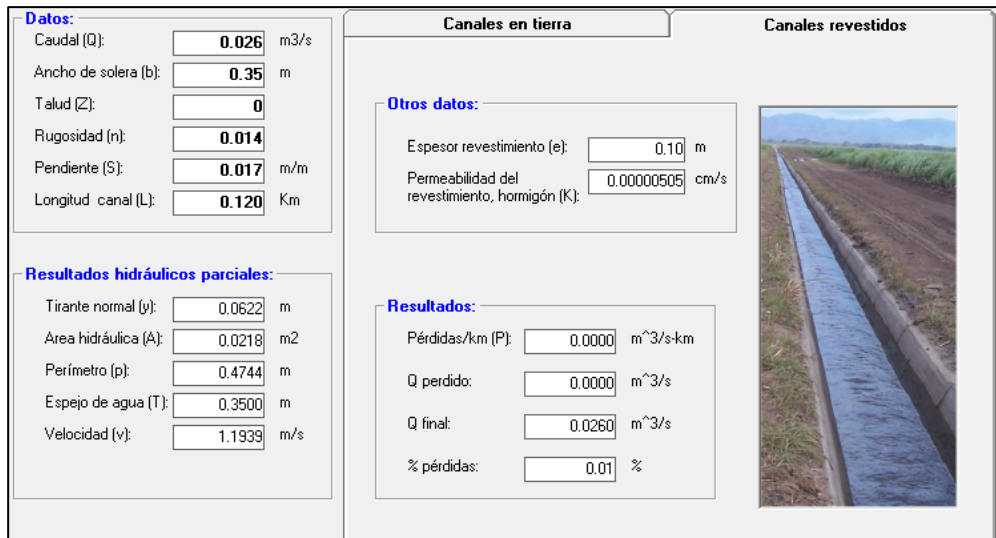


Figura 69. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 1.

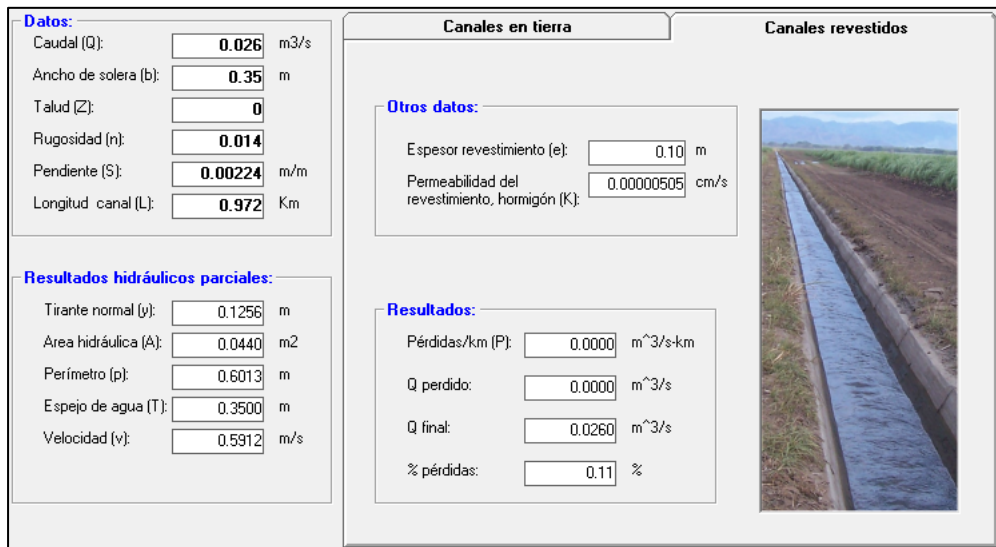


Figura 70. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 2.

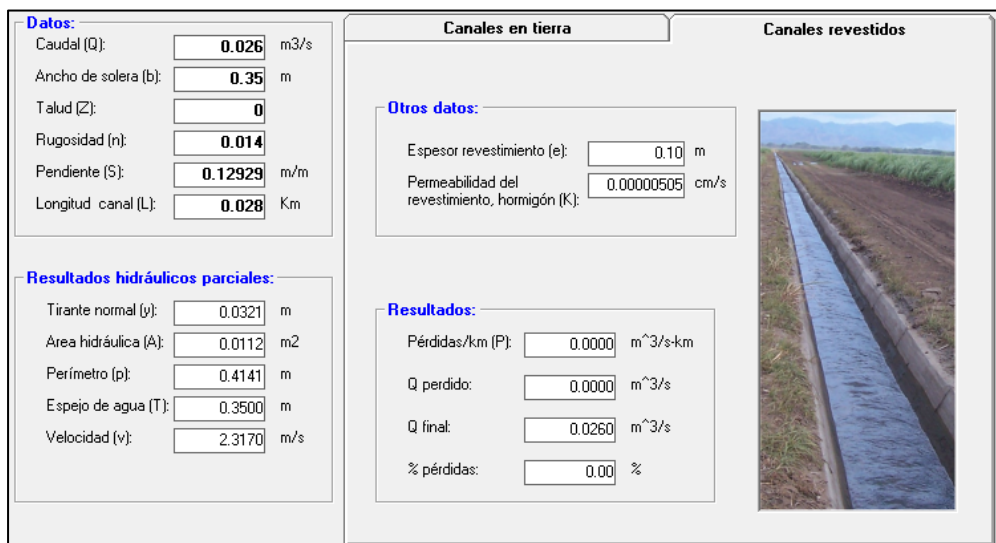


Figura 71. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 3.

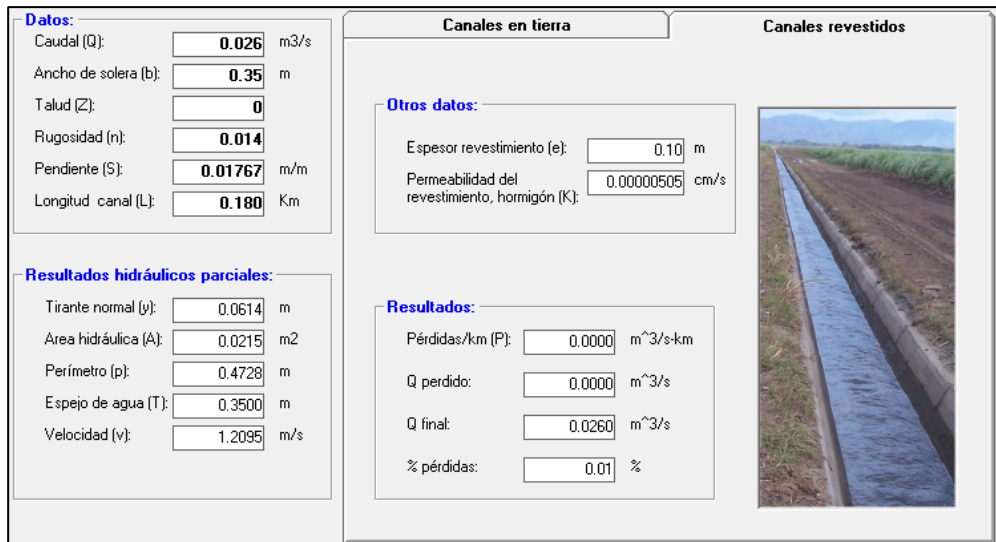


Figura 72. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 4.

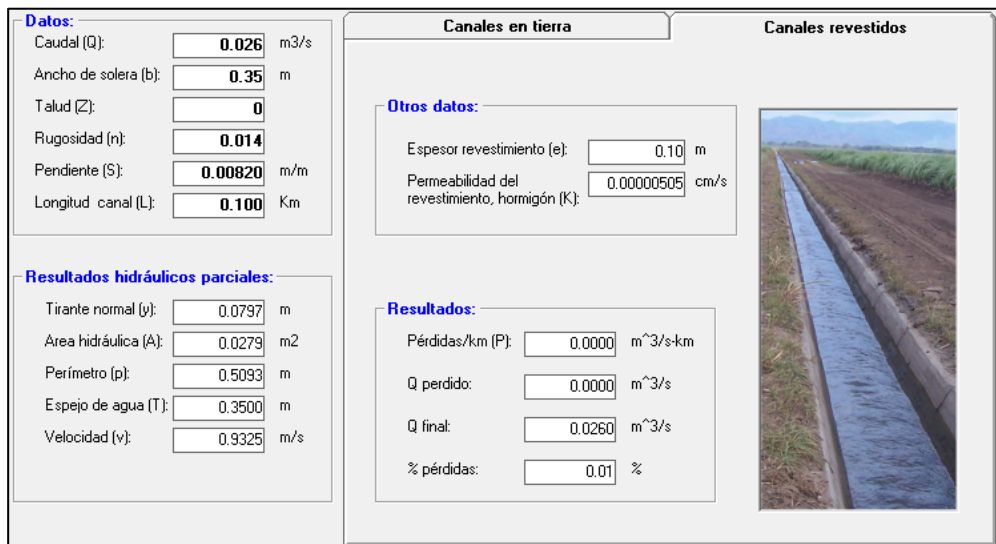


Figura 73. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 5.

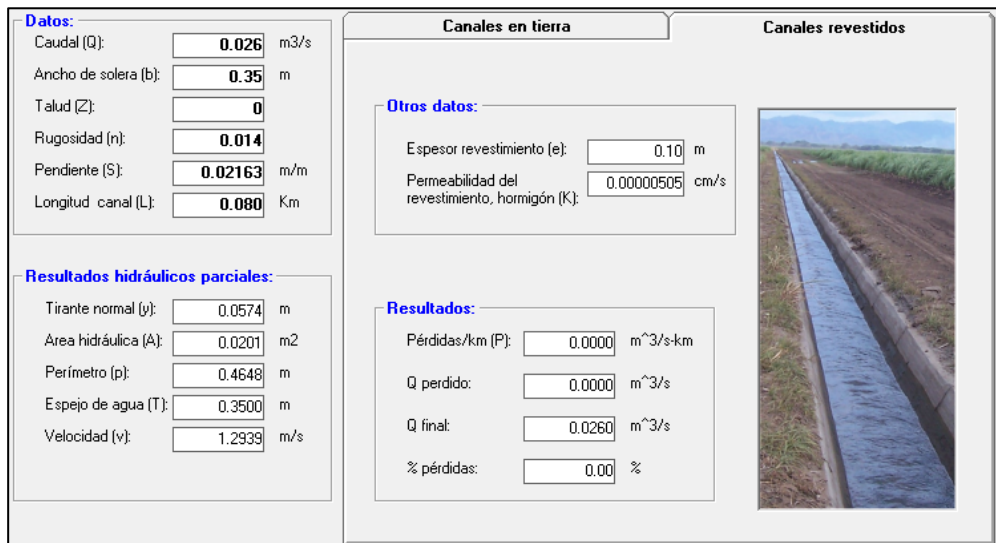


Figura 74. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 6.


<p>Datos:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.026"/> m³/s</p> <p>Ancho de solera (b): <input type="text" value="0.35"/> m</p> <p>Talud (Z): <input type="text" value="0"/></p> <p>Rugosidad (n): <input type="text" value="0.014"/></p> <p>Pendiente (S): <input type="text" value="0.00229"/> m/m</p> <p>Longitud canal (L): <input type="text" value="0.140"/> Km</p>	<p>Canales en tierra</p>	<p>Canales revestidos</p>
<p>Resultados hidráulicos parciales:</p> <p>Tirante normal (y): <input type="text" value="0.1247"/> m</p> <p>Area hidráulica (A): <input type="text" value="0.0436"/> m²</p> <p>Perímetro (p): <input type="text" value="0.5993"/> m</p> <p>Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.3500"/> m</p> <p>Velocidad (v): <input type="text" value="0.5959"/> m/s</p>	<p>Otros datos:</p> <p>Espesor revestimiento (e): <input type="text" value="0.10"/> m</p> <p>Permeabilidad del revestimiento, hormigón (K): <input type="text" value="0.00000505"/> cm/s</p>	
	<p>Resultados:</p> <p>Pérdidas/km (P): <input type="text" value="0.0000"/> m³/s-km</p> <p>Q perdido: <input type="text" value="0.0000"/> m³/s</p> <p>Q final: <input type="text" value="0.0260"/> m³/s</p> <p>% pérdidas: <input type="text" value="0.02"/> %</p>	

Figura 75. Pérdida por infiltración en el canal de concreto tramo 7

Tabla XIII
Resumen de pérdidas por infiltración en el canal de concreto

Tramo	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	Pérdidas promedio/km (m ³ /s-km)	Q perdido (m ³ /s)	Q final (m ³ /s)	% de pérdidas
1	120	0.01700	0.0000	0.0000	0.026	0.01
2	972	0.00224	0.0000	0.0000	0.026	0.11
3	28	0.12929	0.0000	0.0000	0.026	0.00
4	180	0.01767	0.0000	0.0000	0.026	0.01
5	100	0.00820	0.0000	0.0000	0.026	0.01
6	80	0.02163	0.0000	0.0000	0.026	0.00
7	140	0.00229	0.0000	0.0000	0.026	0.02
	1620			0.0000		0.1600

En este caso, las pérdidas son mínimas, no son significativas.

El revestimiento sería de concreto simple, puesto que las dimensiones del canal propuesto son de 0.35m de ancho y una altura total de 0.40m, considerándose un canal pequeño, cuyo espesor del revestimiento sería de 0.10m, el cual servirá como impermeabilizante y protegerá contra la erosión, además de ataques químicos de las aguas y el suelo. Con resistencia a la compresión a los 28 días de 175 kg/cm², con proporciones que serán obtenidos del diseño de la mezcla, teniendo resultado del análisis físico de los agregados. Considerando juntas de contracción transversal a cada 4.5 m de distancia.

Alternativa 2

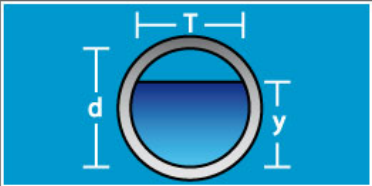
Esta consiste en utilizar tuberías PVC aprovechando el lecho del canal existente, mejorándolo con un solado de mezcla de concreto simple.

Para tal efecto, se considera que el canal es entubado y debe mantener una brecha de aire para que funcione a gravedad, para lo cual se recomienda:

$$\frac{y}{d} = 0.75$$

En tal sentido, se aplicará dicho criterio y mediante el programa Hcanales V3.1, en su menú Otros: Sección Circular relación y/d.

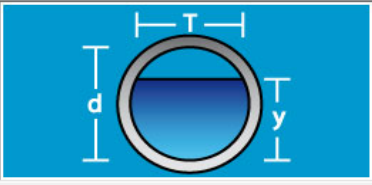
Lugar:	Andamarca - Ayacucho	Proyecto:	Canal Marcanta
Tramo:	Tramo 1	Revestimiento:	PVC

Datos:		
Caudal (Q):	0.026 m3/s	
Relación (y/d):	0.75	
Rugosidad (n):	0.09	
Pendiente (S):	0.01700 m/m	

Resultados:		
Diámetro (d):	0.3549 m	Perímetro mojado (p): 0.7433 m
Tirante (y):	0.2662 m	Radio hidráulico (R): 0.1071 m
Area hidráulica (A):	0.0796 m2	Velocidad (v): 0.3267 m/s
Espejo de agua (T):	0.3074 m	Energía específica (E): 0.2716 m-Kg/Kg
Número de Froude (F):	0.2050	Tipo de flujo: Subcrítico

Figura 76. Sección circular sub tramo 1 – PVC.

Lugar:	Andamarca - Ayacucho	Proyecto:	Canal Marcanta
Tramo:	Tramo 2	Revestimiento:	PVC

Datos:		
Caudal (Q):	0.026 m3/s	
Relación (y/d):	0.75	
Rugosidad (n):	0.09	
Pendiente (S):	0.00224 m/m	

Resultados:		
Diámetro (d):	0.5190 m	Perímetro mojado (p): 1.0870 m
Tirante (y):	0.3892 m	Radio hidráulico (R): 0.1566 m
Area hidráulica (A):	0.1702 m2	Velocidad (v): 0.1528 m/s
Espejo de agua (T):	0.4495 m	Energía específica (E): 0.3904 m-Kg/Kg
Número de Froude (F):	0.0793	Tipo de flujo: Subcrítico

Figura 77. Sección circular sub tramo 2 – PVC.

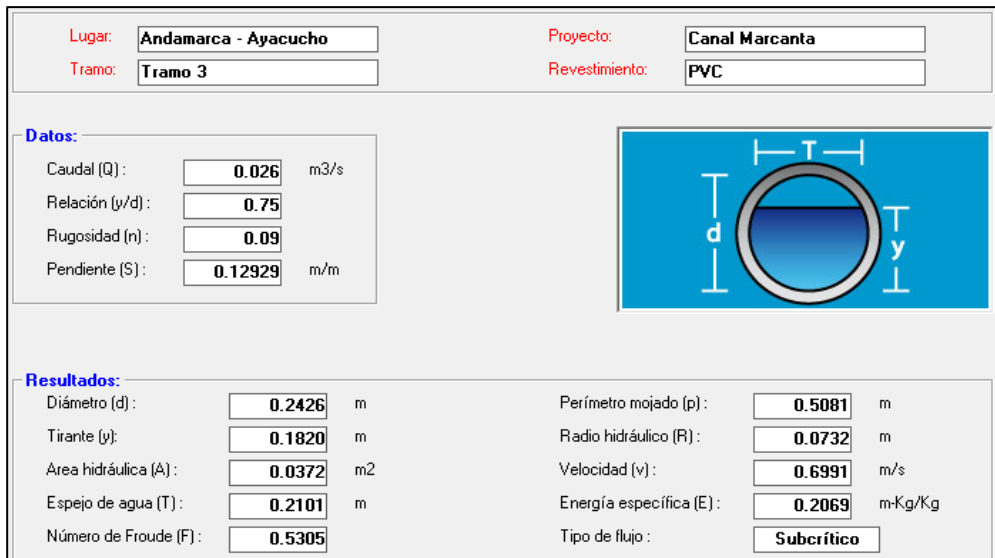


Figura 78. Sección circular sub tramo 3 – PVC.

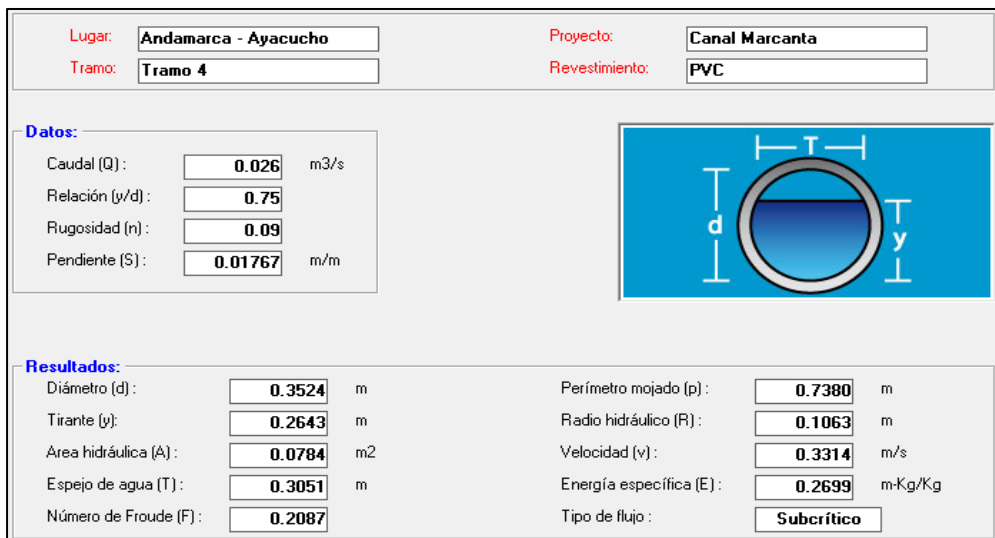


Figura 79. Sección circular sub tramo 4 – PVC.

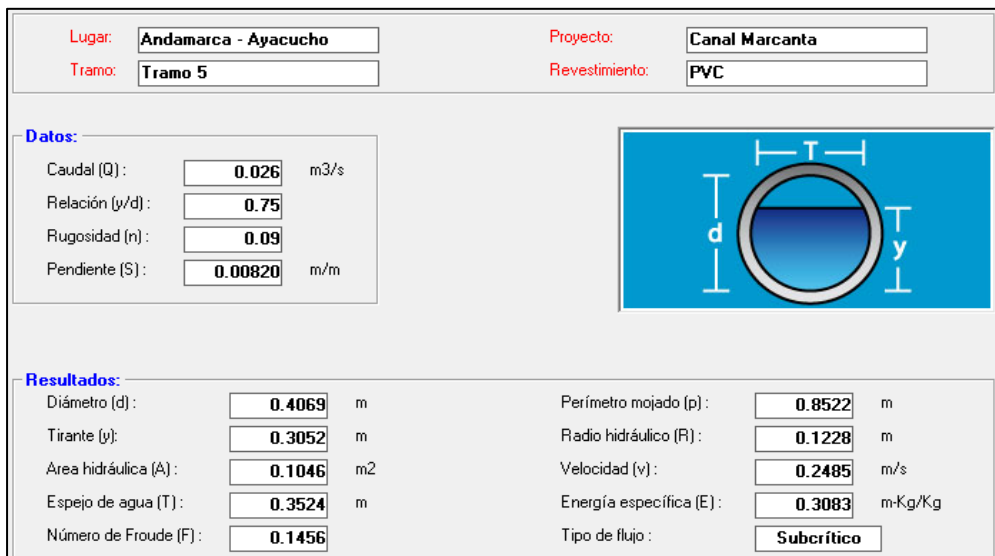


Figura 80. Sección circular sub tramo 5 – PVC.

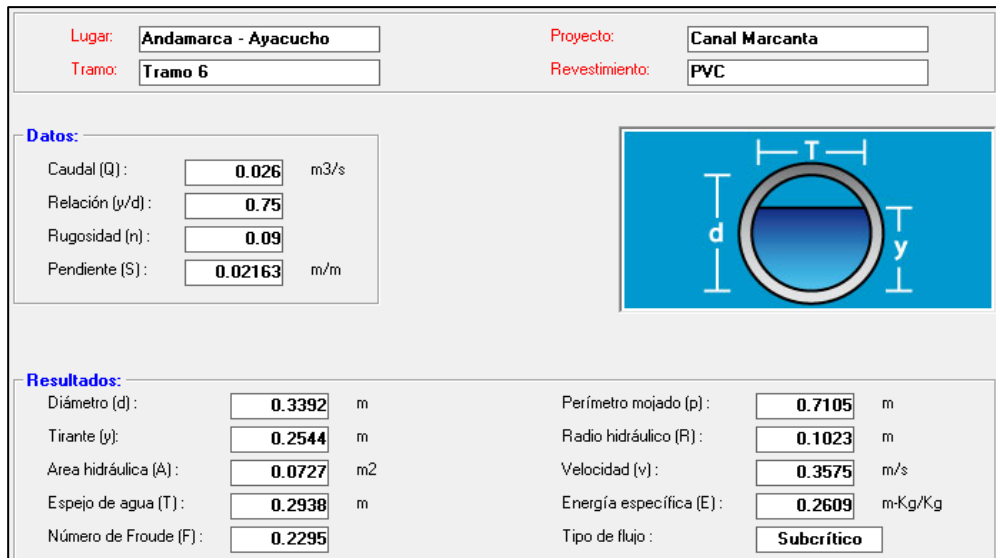


Figura 81. Sección circular sub tramo 6 – PVC.

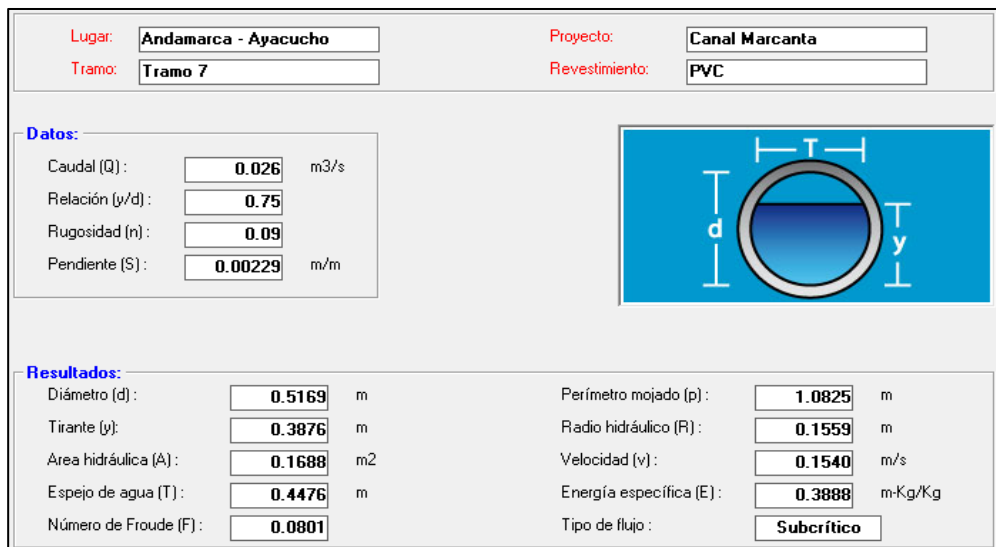


Figura 82. Sección circular sub tramo 7 – PVC.

Resumiendo:

Tabla XIV
Secciones circulares con tubería PVC – relación y/d=0.75

Tramo	Diámetro (m)	Diámetro (mm)	Diámetro comercial (mm)	Tirante normal (m)	Pendiente S (m/m)	Velocidad (m/seg)	Tipo de flujo
1	0.3549	354.9	355	0.27	0.01700	0.33	Subcrítico
2	0.519	519	560	0.39	0.00224	0.15	Subcrítico
3	0.2426	242.6	250	0.18	0.12929	0.70	Subcrítico
4	0.3524	352.4	355	0.26	0.01767	0.33	Subcrítico
5	0.4069	406.9	450	0.31	0.00820	0.25	Subcrítico
6	0.3392	339.2	355	0.25	0.02163	0.36	Subcrítico
7	0.5169	516.9	560	0.39	0.00229	0.15	Subcrítico

Aquí se puede apreciar que los diámetros no son excesivos. Para albergar las tuberías dentro del canal existente en algunos tramos hay que recortar verticalmente para adaptar el ancho al diámetro exterior de la tubería, sin embargo en todo el canal debe uniformizarse el fondo del canal rigidizándolo con una mezcla de concreto simple para que se apoye la tubería y mantenga la pendiente del tramo.

No obstante, esta alternativa requiere de la construcción de cajas de transición que deberán emplazarse antes del cambio de pendiente. Estas también actuarán como cámaras rompedoras en caso exista una sobrecarga que haga que la tubería funcione totalmente llena.

IV. DISCUSIÓN

4.1 Interpretación y Discusión de Resultados

- a) OG: Realizar el diseño hidráulico con máxima eficiencia hidráulica para optimizar el funcionamiento del canal de riego Marcanta, en el distrito de Carmen Salcedo, Lucanas, Región Ayacucho.

Todos los objetivos específicos se han ejecutado de manera que en conjunto se está dando cumplimiento al objetivo general, ya que se ha verificado, en primer lugar, que el canal no trabaja al 100 % de su eficiencia con lo cual se justificó la necesidad de mejorarlo con una alternativa que logre una mejor conducción y a la vez anular las pérdidas por infiltración, lo cual se cumple al utilizar una sección de máxima eficiencia hidráulica.

Según E. Julián y J. Chuquiyaury [6] desarrollaron una investigación similar, logrando diseñar un canal con criterios de máxima eficiencia hidráulica realizando una simulación hidráulica con HEC-RAS para verificar su cumplimiento, sin embargo, ellos utilizaron una sección trapezoidal debido a que el canal conduce un caudal superior de $Q=0.0762$ m³/seg, asegurando máxima eficiencia hidráulica, evitando sedimentación y riesgo de desbordes.

- b) OE1: Determinar las características geométricas y parámetros hidráulicos actuales que influyen en su funcionamiento.

El levantamiento topográfico ha sido influyente en la determinación de las características geométricas del canal proporcionando las pendientes de todos los tramos, las dimensiones de las secciones transversales y sus cotas respecto al nivel medio del mar, siendo estas los parámetros físicos. Con estas características mediante actividades de aforo se determinó la velocidad del flujo, el caudal existente y la rugosidad representativa de la superficie del canal. Con este conjunto de datos mediante el uso del programa Hcanales V3.1 que utiliza la ecuación de Manning en su algoritmo de cálculo se pudo obtener los parámetros hidráulicos del canal existente que sirvieron para determinar las pérdidas de

eficiencia en la conducción del flujo, así como las pérdidas por infiltración cuyos resultados se muestran en el ítem 3.2.5. Las características geométricas y parámetros hidráulicos encontradas son las que dan lugar a la eficiencia actual del canal. Estos se muestran en las tablas V (Con Hcanales V3.1) y VIII (Con HEC-RAS 4.1.0) con lo cual se dio cumplimiento a este objetivo específico.

R. Moya y W. Álvarez [4] por también mencionan que determina que el levantamiento topográfico ha sido determinante para la recolección de datos del relieve que modelados, permitieron calcular los parámetros hidráulicos que identifican zonas críticas de posibles desbordamientos que denotan problemas en la capacidad de conducción del canal.

- c) OE2: Determinar la modelación del canal actual que influye en el conocimiento del comportamiento real del flujo.

El conocimiento del comportamiento del flujo se determinó en primera instancia con la aplicación de programa Hcanales V3.1 según como se muestra en la tabla V donde el flujo subcrítico predomina en el canal. Sin embargo, la modelación con HEC-RAS 4.1.0 demostró que el 85.70% de los tramos del canal tienen flujo supercrítico, influyendo en la verificación preliminar del comportamiento del flujo en el canal de tierra, con lo cual se cumplió con el segundo objetivo específico.

Tabla XV
Comparativo de principales parámetros hidráulicos

Tramo	Velocidad		Tirante normal		Tipo de flujo	
	Hcanales (m/seg)	HEC-RAS (m/s)	Hcanales (m)	HEC-RAS (m)	Hcanales	HEC-RAS
1	0.76	0.89	0.08	0.07	Subcrítico	Supercrítico
2	0.37	1.48	0.16	0.04	Subcrítico	Supercrítico
3	1.50	0.89	0.04	0.07	Supercrítico	Supercrítico
4	0.78	0.83	0.08	0.07	Subcrítico	Subcrítico
5	0.59	0.89	0.10	0.07	Subcrítico	Supercrítico
6	0.83	0.81	0.07	0.08	Subcrítico	Subcrítico
7	0.38	0.81	0.16	0.08	Subcrítico	Subcrítico

La tabla anterior muestra las diferencias y coincidencias entre los resultados obtenidos con Hcanales y HEC-RAS.

C. Toapanta [3], menciona también que mediante el uso de Hcanales y la modelación con HEC-RAS se pudo precisar que el tipo de flujo en el canal es supercrítico con lo cual se decidió diseñar rápidas en tramos de pendientes críticas de hasta 19%.

- d) OE3: Determinar las alternativas técnicas que influyen en la mejora de la eficiencia del canal.

Se trabajaron 2 alternativas técnicas que influyen en la eficiencia del canal mejorándolo de manera que solucionan el problema de conducción, erosión y pérdidas por infiltración. La primera consiste en un canal de concreto de sección rectangular de máxima eficiencia hidráulica, respetando las pendientes existentes para el caudal disponible de $Q = 0.026$ m³/seg. La segunda consiste en utilizar el canal existente refinando su fondo para albergar tuberías PVC con cajas de transición en los cambios de pendiente. Las soluciones son viables hidráulicamente y mejoran la eficiencia hidráulica del canal., lo cual se da cumplimiento al tercer objetivo específico.

J. Dextre [7] menciona que su investigación permitió diseñar el canal para mejorar la disponibilidad hídrica, con un caudal de diseño de 0.10 m³/seg, ancho de solera de 0.45 m, borde libre de 20 cm, talud 0, $n = 0.013$ (concreto acabado frotachado), pendiente 1.6% con un flujo supercrítico. No obstante, solo presentó una sola alternativa de solución.

4.2 Comprobación de Hipótesis

4.2.1 Contrastación de Hipótesis General

(H.G.) El diseño hidráulico con máxima eficiencia hidráulica optimiza el funcionamiento del canal de riego Marcanta, en el distrito de Carmen Salcedo, Lucanas, Región Ayacucho

Contrastación:

Esta hipótesis es afirmativa ya que en el desarrollo del objetivo específico 1 se demostró en primer lugar que el canal tiene deficiencia hidráulica expresada en el ítem 3.2.5, con lo cual se desarrollaron dos propuestas de solución técnica que se verificaron mediante simulaciones tanto con HEC-RAS como con Hcanales demostrando una mejor conducción del flujo y anulación de pérdidas por infiltración que optimizan en general al funcionamiento del canal.

4.2.2 Contrastación de Hipótesis Específicas

(H.E.1) Las características geométricas e hidráulicas del canal existente influyen en su eficiencia hidráulica.

Contrastación:

La hipótesis se afirma ya que mediante el estudio topográfico e hidráulico se determinó la geometría del canal y con ellos los parámetros hidráulicos que permitieron demostrar que el canal tiene deficiencias en la conducción y en su permeabilidad produciendo pérdidas por infiltración.

(H.E.2) El análisis hidráulico del canal actual influye en el comportamiento real del flujo.

Contrastación:

Esta hipótesis es afirmativa porque luego de determinar los regímenes de flujo mediante el análisis hidráulico con el uso del programa Hcanales y el simulador hidráulico HEC-RAS se verificó el comportamiento o tipo de flujo en general cuyos resultados se muestran en la tabla VIII.

(H.E.3) Las modificaciones que podrían evaluarse influyen en la optimización del funcionamiento del canal.

Contrastación:

La hipótesis se valida porque se evaluaron dos posibles soluciones, encontrándose que todas son viables hidráulicamente respecto al problema de la conducción, erosión y pérdidas por infiltración.

V. CONCLUSIONES

- 1) El análisis hidráulico desarrollado permitió desarrollar dos alternativas de solución que optimizan el funcionamiento del canal en aspectos importantes como capacidad de conducción mejorada y reducción de pérdidas por infiltración, uniformizándolo con estructura de concreto donde la sección transversal en todo el canal se propone con base de 0.35m y altura total de 0.40m o con tubería PVC con diámetros variables indicados en la tabla XIV, ambas propuestas tendrán flujo supercrítico denotando mayor velocidad en la conducción y menor resistencia al flujo.
- 2) Se determinó que la sección promedio de 0.375 x 0.31 m (base y altura total) con una rugosidad de $n = 0.025$ en el canal actual (canal de tierra) influyen en su eficiencia reduciéndola a 88.46% en la conducción donde el flujo se reduce a 0.023 m³/seg, respecto al caudal disponible $Q = 0.026$ m³/seg y las pérdidas por infiltración suman 5.10% del caudal total, lo que justifica el revestimiento de canal para mejorar sus características geométricas e hidráulicas.
- 3) El análisis hidráulico del canal actual mediante el uso de los softwares Hcanales V3.1 y HEC-RAS 4.1.0 determinó que el flujo tiene en general un comportamiento supercrítico, lo que en canales de tierra supone un riesgo de erosión por las altas velocidades que caracteriza a este tipo de flujo.
- 4) La evaluación de propuestas de solución presenta dos alternativas siendo la primera el uso de una sección de concreto de 0.35 m por 0.40 m (base y altura total) determinada bajo el criterio de máxima eficiencia hidráulica; y la segunda usando tuberías PVC con cajas de transición en los cambios de pendiente aprovechando el lecho existente del canal. Ambas alternativas conducen el caudal máximo disponible de $Q=0.026$ m³/seg y tienen régimen de flujo supercrítico en general. Ambas alternativas optimizan el funcionamiento del canal al 100%.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Desarrollar el presupuesto de obra de las alternativas propuestas en la elección de la viabilidad económica más conveniente.
- 2) Aplicar cualquiera de las alternativas propuestas cuya diferencia está en el procedimiento constructivo que define la rapidez de su ejecución.
- 3) Realizar programas de mantenimiento periódico de mantenimiento del canal.
- 4) Realizar evaluaciones de obras de protección en zonas críticas del canal.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Tovar, M. Fierro y V. Achury. “Análisis del estado actual de los canales pertenecientes a la zona e en la asociación de usuarios del Distrito de Adecuación De Tierras de mediana escala el juncal ASOJUNCAL” Tesis para obtener título profesional. Universidad Cooperativa de Colombia. Neiva, 2019.
- [2] J. Cando y S. Cango. “Rediseño hidráulico del sistema de riego Chuchuchir en la parroquia Saraguro, cantón Saraguro, provincia de Loja”. Tesis para optar el título profesional. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2023.
- [3] C. Toapanta. “Diseño hidráulico de la conducción y descarga de los remanentes del Óvalo Frutillar de la Junta de Aguas Chacón Sevilla, sector Izamba, cantón Ambato, provincia Tungurahua”. Tesis para optar el título profesional. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador, 2023.
- [4] R. Moya y W. Álvarez. “Modelación Hidráulica de un Canal Urbano en la Ciudad de Bogotá, caso de Estudio: Canal Rio Negro”. Tesis para optar el título profesional. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, 2018.
- [5] M. Coyago y A. Quispe. “Diagnóstico y propuestas de solución para la rehabilitación del canal de riego “Pucará”, ubicado en el cantón Mejía, provincia de Pichincha”. Tesis para optar el título profesional. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2023.
- [6] E. Julian, y J. Chuquiyaui. "Análisis y Simulación del Canal Entubado Checchewa-Casa Blanca con Hec-Ras 4.1.0, para Mejorar la Eficiencia Hidráulica, Distrito de Tambo, Huancavelica". Tesis para obtener título profesional. Universidad César Vallejo. Ica, 2021.
- [7] J. Dextre. “Diseño del canal Huáncar Bajo para la mejora de la disponibilidad hídrica, Paramonga, Barranca, 2021”. Tesis para optar el título profesional. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú, 2022.
- [8] J. Asalde. "Diseño del canal de riego con máxima eficiencia hidráulica mediante el software HEC-RAS, del tramo km 0+000 al km 3+085, en el distrito de Salas, región Lambayeque". Tesis para optar título profesional. Universidad de San Martín de Porres. Lima, 2020.
- [9] J. Manay. “Modelación del flujo a superficie libre en el canal Taymi km 33+000 al km 38+000, Lambayeque”. Tesis para obtener título profesional. Universidad Señor de Sipán. Pimentel, 2019.
- [10] P. Cueto. “Evaluación y mejoramiento de la estructura hidráulica en el canal de concreto Carlos Leight del km. 22+220 al km. 22+720, del centro poblado Tangay Alto, distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa, Región Ancash y su incidencia en la condición

- hídrica – 2020”. Tesis para optar título profesional. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote. Chimbote, 2020.
- [11] I. Cayllahua Sulca. “Evaluación del comportamiento hidráulico del canal principal del proyecto especial Río Cachi, Ayacucho 2021”. Tesis para optar título profesional. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú, 2022.
- [12] IRH: Software Hcanales V3.1. Diseño de Estructuras Hidráulicas y Canales. Ingeniería de Recursos Hídricos. 2013.
<http://www.irhperu.com/programas/diseo-de-canales-y-estructuras-hidrulicas-hcanales-v30>
- [13] HEC-RAS. *Hydrologic Engineering Center's - River Analysis System*. US Army Corps of Engineers.
<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- [14] ANA. “*Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*”. Autoridad Nacional del Agua. 2010.
<http://www.ana.gob.pe/normatividad/criterios-de-diseno-de-obras-hidraulicas-para-la-formulacion-de-proyectos-0>
- [15] IMEFEN. “Flujo uniforme (2)”. Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno el Niño.
https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/FSL/08_Disen%C3%B3_Canales.pdf

VIII. ANEXOS

7.1 Panel fotográfico



Foto 1: Haciendo el levantamiento topográfico del canal.



Foto 2: Vista del canal conduciendo agua en época de riego.



Foto 3: Vista del canal sin agua en época de sequía.



Foto 4: Vista del fondo gravoso del canal.



Foto 5: Vista de zona de infiltración en el canal.



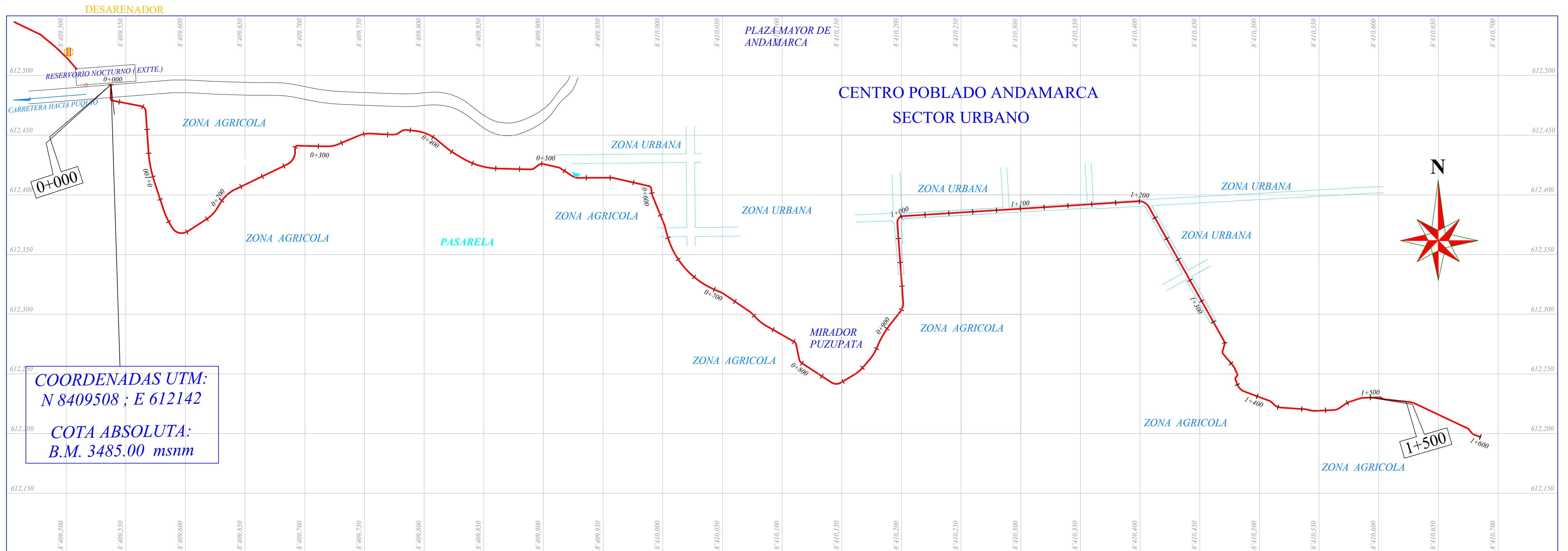
Foto 6: Vista de zona de desborde en el canal.



Foto 7: Iniciando el aforo del caudal.



Foto 8: Vista del canal aguas abajo.

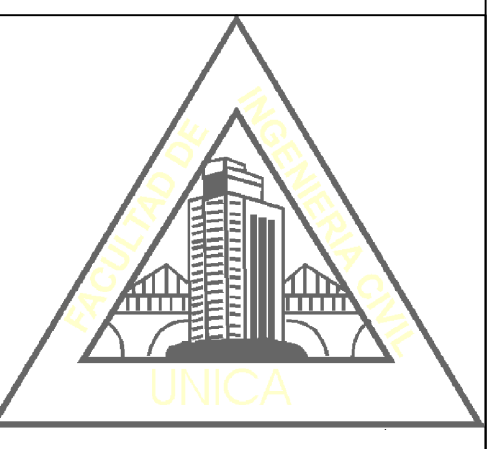


UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis: **DISEÑO HIDRÁULICO CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA PARA OPTIMIZAR EL FUNCIONAMIENTO DEL CANAL DE RIEGO MARCANTA, EN EL DISTRITO DE CARMEN SALCEDO, LUCANAS, REGIÓN AYACUCHO**



Plano: **PLANO CLAVE**

BACHILLER:
GUERRA POMA ROYER FAUSTO

FECHA: NOV- 2023
ESCALA: 1/2000

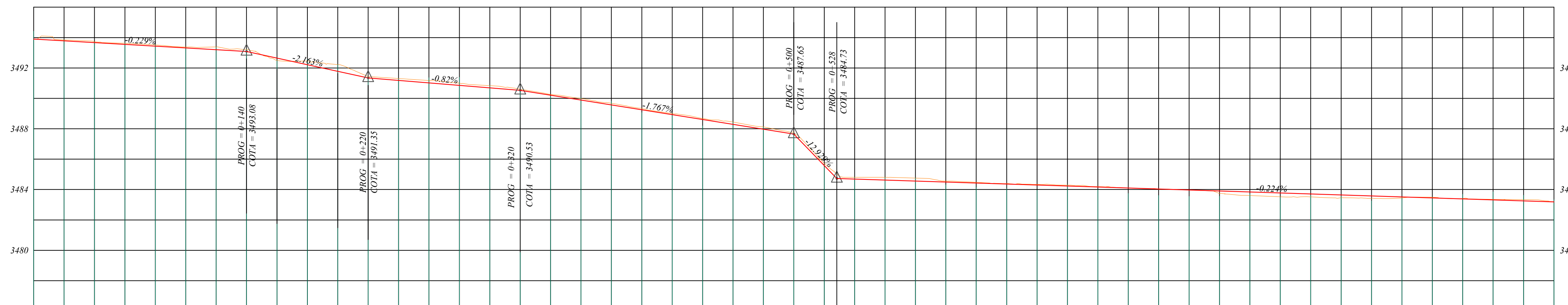
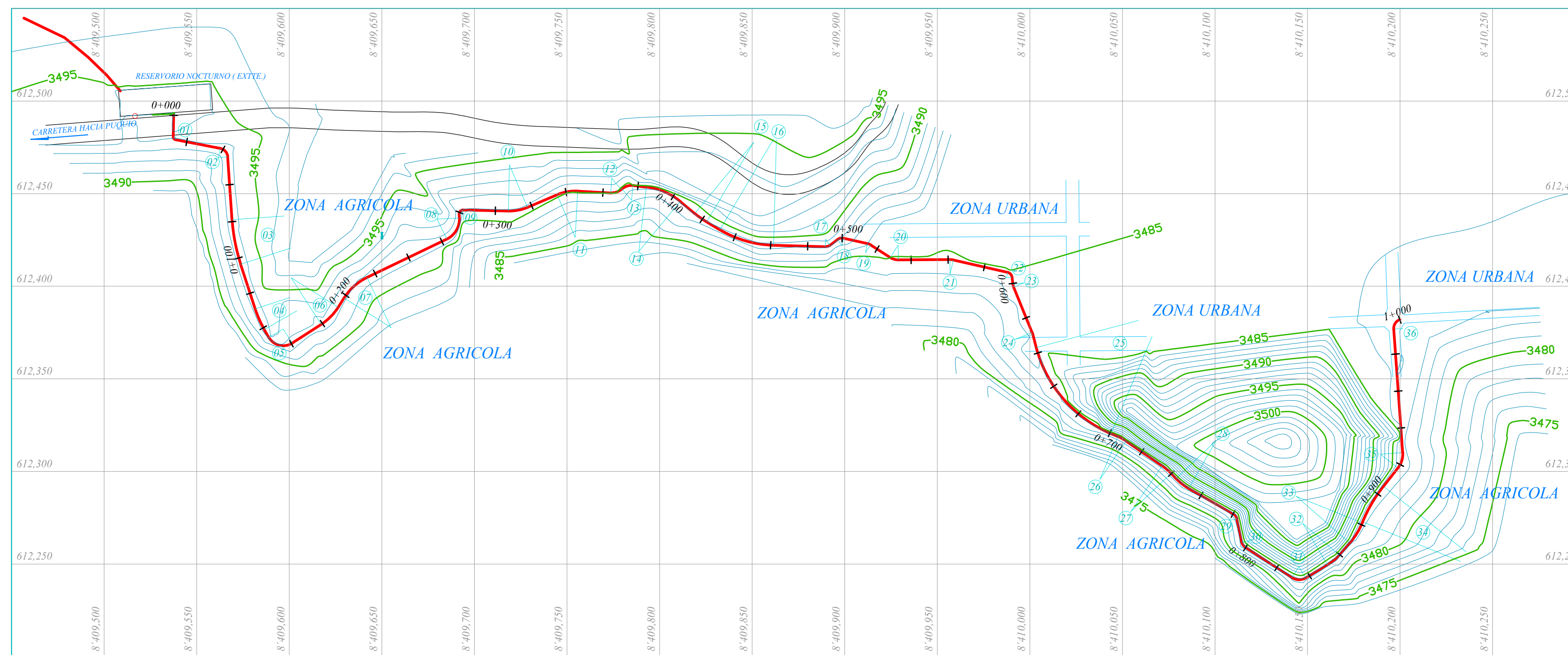
DPTO: AYACUCHO
PROV: LUCANAS

DIST: CARMEN SALCEDO
C.P.: ANDAMARCA

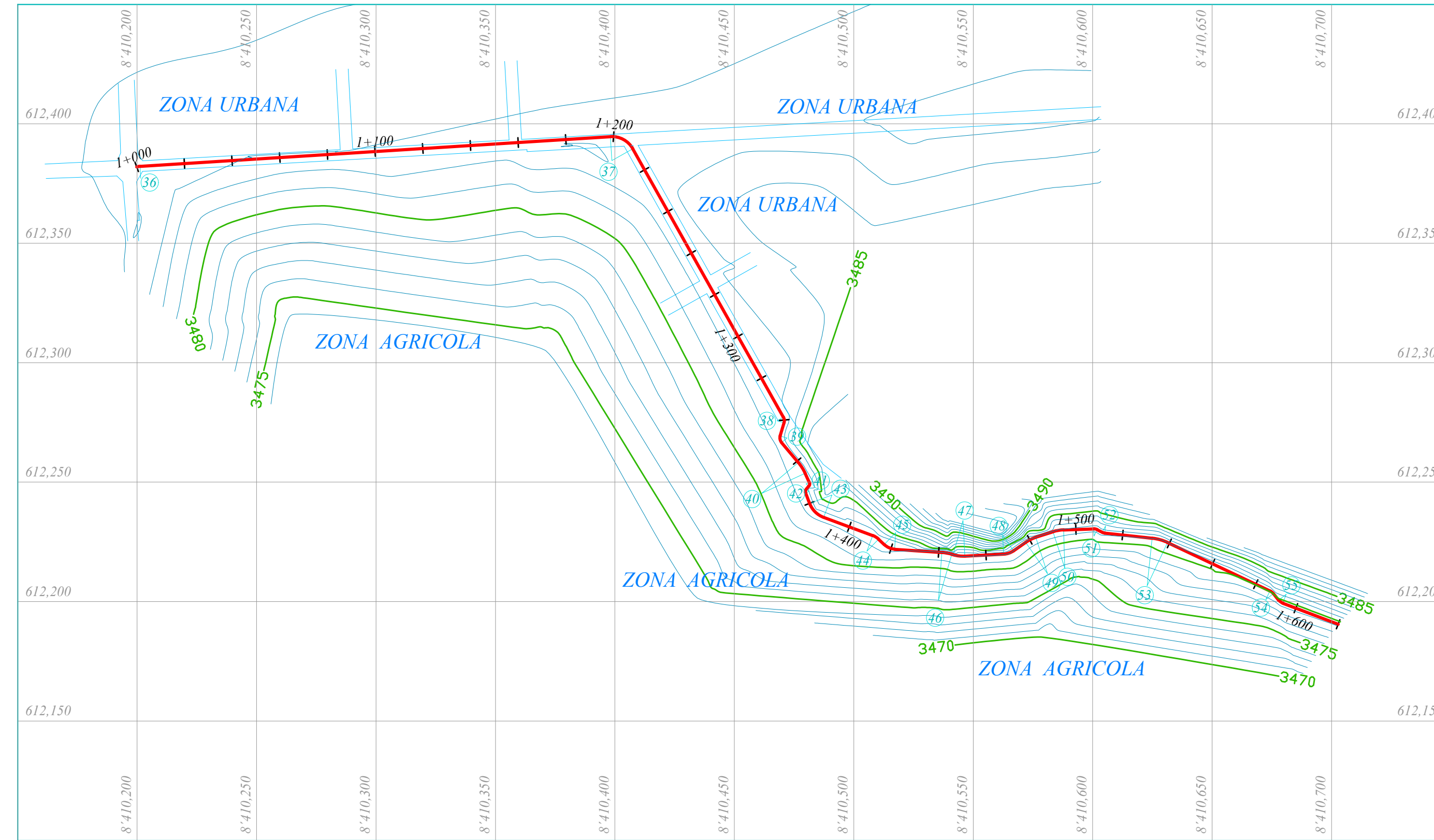
LAMINA:
PC-01

ELEMENTO DE CURVAS HORIZONTALES

Nº	S	PI (M)	ANGULO			RADIO (R)	TANG. (T)	LONG. C (L.C)	EXT. (E)	PC (M)	PT (M)
			GRAD	MIN	SEG						
1	I	12.995	80	17	26	1.50	1.27	2.10	0.46	11.73	13.83
2	D	42.256	75	6	46	5.00	3.84	6.55	1.31	38.41	44.97
3	I	91.314	14	4	55	100.00	12.35	24.58	0.76	78.96	103.54
4	I	134.978	11	41	27	60.00	6.14	12.24	0.31	128.84	141.08
5	I	155.413	93	1	47	9.00	9.49	14.61	4.08	145.92	160.54
6	I	185.858	25	8	59	30.00	6.69	13.17	0.74	179.17	192.33
7	D	206.894	32	12	54	30.00	8.66	16.87	13.17	198.23	215.10
8	I	270.822	66	46	17	12.00	7.91	13.98	2.37	262.91	276.90
9	D	281.306	93	41	26	2.00	2.13	3.27	0.92	279.17	282.44
10	I	312.328	24	7	49	25.00	5.34	10.53	0.56	306.98	317.51
11	D	340.776	26	-	36	25.00	5.77	11.35	0.66	335.00	346.35
12	I	367.405	43	-	30	8.00	3.15	6.01	0.60	364.25	370.26
13	D	374.291	46	31	2	8.00	3.44	6.50	0.71	370.85	377.35
14	D	394.848	33	-	11	35.00	10.37	20.16	1.50	384.48	404.64
15	I	418.822	8	59	57	50.00	3.93	7.85	0.15	414.89	422.74
16	I	446.682	29	8	34	60.00	15.60	30.52	1.99	431.09	461.60
17	I	490.955	38	20	18	4.00	1.39	2.68	0.23	489.56	492.24
18	D	499.183	49	20	20	4.00	1.84	3.44	0.40	497.35	500.79
19	D	514.917	20	23	53	5.00	0.90	1.78	0.08	514.02	515.80
20	I	530.828	33	15	4	8.00	2.39	4.64	0.35	528.44	533.08
21	D	561.888	13	14	53	8.00	0.93	1.85	0.05	560.96	562.81
22	D	595.031	69	38	50	3.00	2.09	3.65	0.65	592.94	596.59
23	I	601.320	14	42	46	6.00	0.77	1.54	0.05	600.55	602.09
24	D	629.131	7	18	38	10.00	0.64	1.28	0.02	628.49	629.77
25	I	671.193	52	8	17	70.00	34.25	63.70	7.93	636.95	700.65
26	D	707.353	11	22	59	25.00	2.49	4.97	0.12	704.86	709.83
27	D	736.616	12	2	16	30.00	3.16	6.30	0.17	733.45	739.76
28	I	748.058	16	39	40	30.00	4.39	8.72	0.32	743.67	752.39
29	D	781.853	48	15	48	4.00	1.79	3.37	0.38	780.06	783.43
30	I	798.015	44	56	17	4.00	1.65	3.14	0.33	796.36	799.50
31	I	834.162	63	52	49	7.00	4.36	7.80	1.25	829.80	837.60
32	I	855.475	18	7	43	26.00	4.15	8.23	0.33	851.33	859.55
33	I	875.023	19	9	-	40.00	6.75	13.37	0.57	868.28	881.64
34	D	893.769	16	25	10	80.00	11.54	22.93	0.83	882.23	905.15
35	I	922.462	42	30	58	12.00	4.67	8.90	0.88	917.79	926.70
36	D	998.546	90	33	31	5.00	5.05	7.90	2.11	993.50	1,001.40

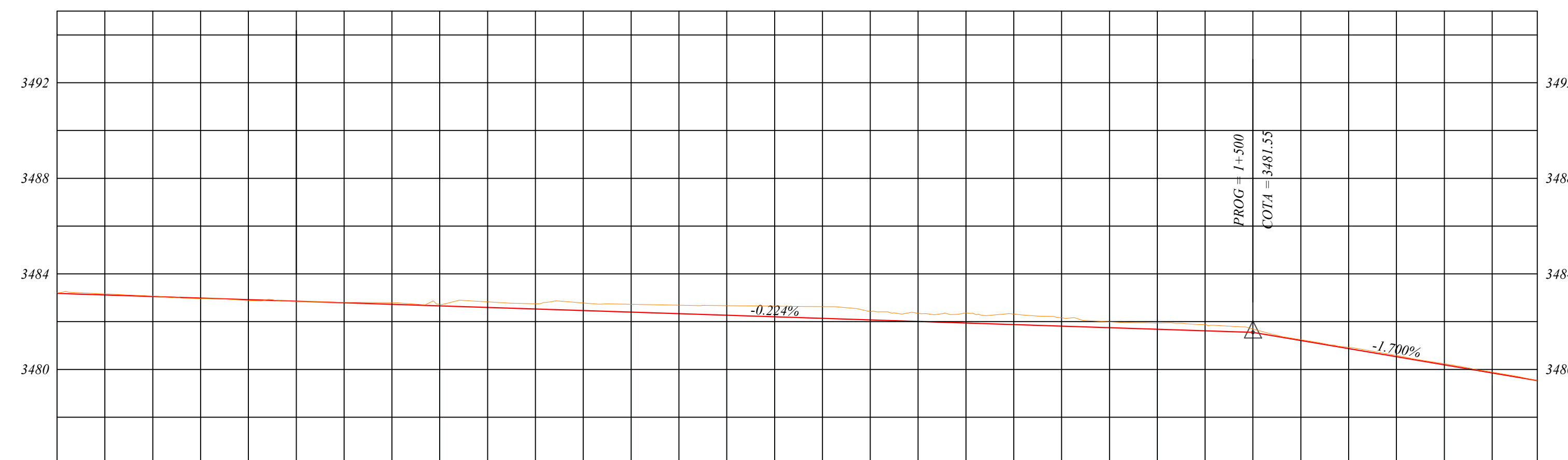


KILOMETRAJE	0+000	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
PENDIENTE		-0.229%		-2.163%		-0.82%		-1.767%		-12.929%		-0.224%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
COTA TERRENO	3493.90	3493.85	3493.72	3493.68	3493.53	3493.35	3493.31	3493.24	3493.24	3492.50	3492.57	3492.22	3491.45	3491.31	3491.17	3491.01	3490.84	3490.61	3490.23	3490.06	3489.73	3489.31	3488.93	3488.68	3488.42	3488.13	3487.75	3485.61	3484.80	3484.75	3484.71	3484.53	3484.46	3484.40	3484.32	3484.32	3484.17	3484.11	3483.97	3483.77	3483.73	3483.69	3483.62	3483.56	3483.25	3483.44	3483.44	3483.50	3483.37	3483.29	3483.24	3483.13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
COTA RASANTE	3493.90	3493.78	3493.67	3493.55	3493.43	3493.32	3493.20	3493.08	3492.90	3492.40	3492.26	3492.12	3491.95	3491.78	3491.61	3491.45	3491.28	3491.11	3490.94	3490.77	3490.60	3490.43	3490.26	3490.09	3489.92	3489.75	3489.58	3489.41	3489.24	3489.07	3488.90	3488.73	3488.56	3488.39	3488.22	3488.05	3487.88	3487.71	3487.54	3487.37	3487.20	3487.03	3486.86	3486.69	3486.52	3486.35	3486.18	3486.01	3485.84	3485.67	3485.50	3485.33	3485.16	3484.99	3484.82	3484.65	3484.48	3484.31	3484.14	3483.97	3483.80	3483.63	3483.46	3483.29	3483.12	3482.95	3482.78	3482.61	3482.44	3482.27	3482.10	3481.93	3481.76	3481.59	3481.42	3481.25	3481.08	3480.91	3480.74	3480.57	3480.40	3480.23	3480.06	3479.89	3479.72	3479.55	3479.38	3479.21	3479.04	3478.87	3478.70	3478.53	3478.36	3478.19	3478.02	3477.85	3477.68	3477.51	3477.34	3477.17	3477.00	3476.83	3476.66	3476.49	3476.32	3476.15	3475.98	3475.81	3475.64	3475.47	3475.30	3475.13	3474.96	3474.79	3474.62	3474.45	3474.28	3474.11	3473.94	3473.77	3473.60	3473.43	3473.26	3473.09	3472.92	3472.75	3472.58	3472.41	3472.24	3472.07	3471.90	3471.73	3471.56	3471.39	3471.22	3471.05	3470.88	3470.71	3470.54	3470.37	3470.20	3470.03	3469.86	3469.69	3469.52	3469.35	3469.18	3469.01	3468.84	3468.67	3468.50	3468.33	3468.16	3467.99	3467.82	3467.65	3467.48	3467.31	3467.14	3466.97	3466.80	3466.63	3466.46	3466.29	3466.12	3465.95	3465.78	3465.61	3465.44	3465.27	3465.10	3464.93	3464.76	3464.59	3464.42	3464.25	3464.08	3463.91	3463.74	3463.57	3463.40	3463.23	3463.06	3462.89	3462.72	3462.55	3462.38	3462.21	3462.04	3461.87	3461.70	3461.53	3461.36	3461.19	3461.02	3460.85	3460.68	3460.51	3460.34	3460.17	3460.00	3459.83	3459.66	3459.49	3459.32	3459.15	3458.98	3458.81	3458.64	3458.47	3458.30	3458.13	3457.96	3457.79	3457.62	3457.45	3457.28	3457.11	3456.94	3456.77	3456.60	3456.43	3456.26	3456.09	3455.92	3455.75	3455.58	3455.41	3455.24	3455.07	3454.90	3454.73	3454.56	3454.39	3454.22	3454.05	3453.88	3453.71	3453.54	3453.37	3453.20	3453.03	3452.86	3452.69	3452.52	3452.35	3452.18	3452.01	3451.84	3451.67	3451.50	3451.33	3451.16	3450.99	3450.82	3450.65	3450.48	3450.31	3450.14	3450.00	3449.83	3449.66	3449.49	3449.32	3449.15	3448.98	3448.81	3448.64	3448.47	3448.30	3448.13	3447.96	3447.79	3447.62	3447.45	3447.28	3447.11	3446.94	3446.77	3446.60	3446.43	3446.26	3446.09	3445.92	3445.75	3445.58	3445.41	3445.24	3445.07	3444.90	3444.73	3444.56	3444.39	3444.22	3444.05	3443.88	3443.71	3443.54	3443.37	3443.20	3443.03	3442.86	3442.69	3442.52	3442.35	3442.18	3442.01	3441.84	3441.67	3441.50	3441.33	3441.16	3440.99	3440.82	3440.65	3440.48	3440.31	3440.14	3440.00	3439.83	3439.66	3439.49	3439.32	3439.15	3438.98	3438.81	3438.64	3438.47	3438.30	3438.13	3437.96	3437.79	3437.62	3437.45	3437.28	3437.11	3436.94	3436.77	3436.60	3436.43	3436.26	3436.09	3435.92	3435.75	3435.58	3435.41	3435.24	3435.07	3434.90	3434.73	3434.56	3434.39	3434.22	3434.05	3433.88	3433.71	3433.54	3433.37	3433.20	3433.03	3432.86	3432.69	3432.52	3432.35	3432.18	3432.01	3431.84	3431.67	3431.50	3431.33	3431.16	3430.99	3430.82	3430.65	3430.48	3430.31	3430.14	3430.00	3429.83	3429.66	3429.49	3429.32	3429.15	3428.98	3428.81	3428.64	3428.47	3428.30	3428.13	3427.96	3427.79	3427.62	3427.45	3427.28	3427.11	3426.94	3426.77	3426.60	3426.43	3426.26	3426.09	3425.92	3425.75	3425.58	3425.41	3425.24	3425.07	3424.90	3424.73	3424.56	3424.39	3424.22	3424.05	3423.88	3423.71	3423.54	3423.37	3423.20	3423.03	3422.86	3422.69	3422.52	3422.35	3422.18	3422.01	3421.84	3421.67	3421.50	3421.33	3421.16	3420.99	3420.82	3420.65	3420.48	3420.31	3420.14	3420.00	3419.83	3419.66	3419.49	3419.32	3419.15	3418.98	3418.81	3418.64	3418.47	3418.30	3418.13	3417.96	3417.79	3417.62	3417.45	3417.28	3417.11	3416.94	3416.77	3416.60	3416.43	3416.26	3416.09	3415.92	3415.75	3415.58	3415.41	3415.24	3415.07	3414.90	3414.73	3414.56	3414.39	3414.22	3414.05	3413.88	3413.71	3413.54	3413.37	3413.20	3413.03	3412.86	3412.69	3412.52	3412.35	3412.18	3412.01	3411.84	3411.67	3411.50	3411.33	3411.16	3410.99	3410.82	3410.65	3410.48	3410.31	3410.14	3410.00	3409.83	3409.66	3409.49	3409.32	3409.15	3408.98	3408.81	3408.64	3408.47	3408.30	3408.13	3407.96	3407.79	3407.62	3407.45	3407.28	3407.11	3406.94	3406.77	3406.60	3406.43	3406.26	3406.09	3405.92	3405.75	3405.58	3405.41	3405.24	3405.07	3404.90	3404.73	3404.56	3404.39	3404.22	3404.05	3403.88	3403.71	3403.54	3403.37	3403.20	3403.03	3402.86	3402.69	3402.52	3402.3



ELEMENTO DE CURVAS HORIZONTALES

Nº	S	PI (M)	I5			RADIO (R)	TANG. (T)	LONG. C. (LC)	EXT. (E)	PC (M)	PT (M)
			64	MIN	SEG						
37	D	1,204.984	64	18	42	10.00	6.29	11.22	1.81	1,198.70	1,209.92
38	D	1,340.025	45	25	18	3.00	1.26	2.38	0.25	1,338.77	1,341.15
39	I	1,348.538	56	10	7	3.00	1.60	2.94	0.40	1,346.94	1,349.88
40	D	1,363.493	15	21	47	20.00	2.70	5.36	0.18	1,360.80	1,366.16
41	D	1,371.247	64	26	50	1.50	0.95	1.69	0.27	1,370.30	1,371.99
42	I	1,374.550	60	21	51	1.50	0.87	1.58	0.24	1,373.68	1,375.26
43	I	1,384.583	49	5	43	10.00	4.57	8.57	0.99	1,380.02	1,388.58
44	D	1,411.948	23	43	46	7.00	1.47	2.90	0.15	1,410.48	1,413.38
45	I	1,419.184	40	3	50	7.00	2.55	4.89	0.45	1,416.63	1,421.53
46	D	1,443.461	12	7	22	20.00	2.12	4.23	0.11	1,441.34	1,445.57
47	I	1,448.667	18	51	27	15.00	2.49	4.94	0.21	1,446.18	1,451.11
48	I	1,469.671	32	13	23	8.00	2.31	4.50	0.33	1,467.36	1,471.86
49	D	1,480.407	17	7	42	16.00	2.41	4.78	0.18	1,478.00	1,482.78
50	D	1,492.622	16	-	49	16.00	2.25	4.47	0.16	1,490.37	1,494.84
51	D	1,508.271	29	51	44	3.00	0.80	1.56	0.10	1,507.47	1,509.03
52	I	1,511.910	21	54	58	3.00	0.58	1.15	0.06	1,511.33	1,512.48
53	D	1,535.813	19	9	43	20.00	3.38	6.69	0.28	1,532.44	1,539.13
54	D	1,587.488	26	29	17	4.00	0.94	1.85	0.11	1,586.55	1,588.40
55	I	1,593.048	31	3	42	4.00	1.11	2.17	0.15	1,591.94	1,594.10



KILOMETRAJE	100	200	300	400	500	600
PENDIENTE			-0.224%			-1.700%
COTA TERRENO	3483.10	3483.09	3482.99	3482.88	3482.75	3482.60
COTA RASANTE	3483.13	3483.09	3482.99	3482.88	3482.75	3482.60
ALTURA CORTE	0.03	0.06	0.07	0.03	0.06	0.11
ALTURA RELLENO						
TIPO DE TERRENO						

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BACHILLER:
GUERRA POMA ROYER FAUSTO

Tesis: **DISEÑO HIDRÁULICO CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA PARA OPTIMIZAR EL FUNCIONAMIENTO DEL CANAL DE RIEGO MARCANTA, EN EL DISTRITO DE CARMEN SALCEDO, LUCANAS, REGIÓN AYACUCHO**

Plano: **PLANTA - PERFIL LONGITUDINAL**

LAMINA:
PPL-02

FECHA: NOV-2023

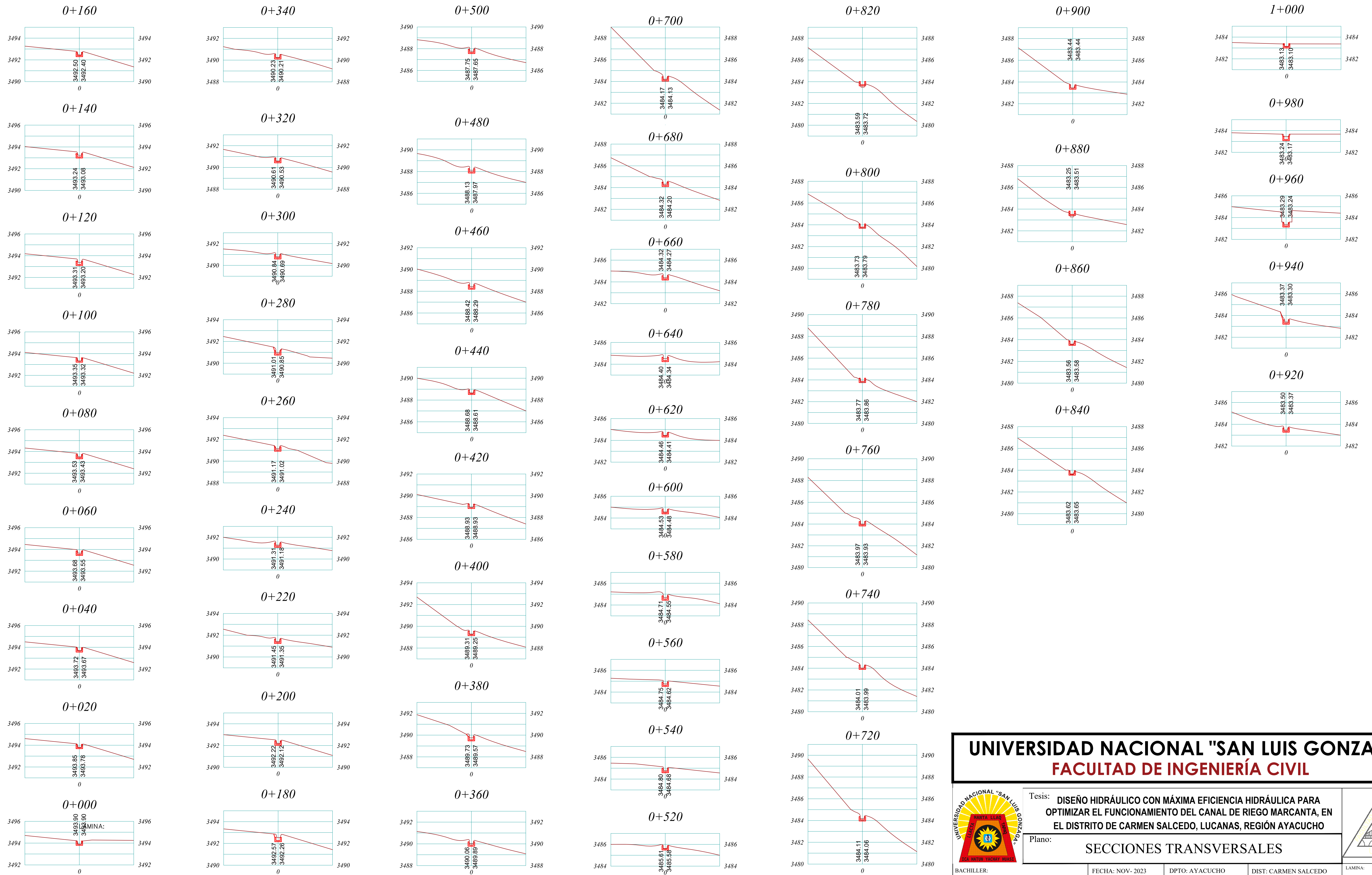
DPTO: AYACUCHO

DIST: CARMEN SALCEDO

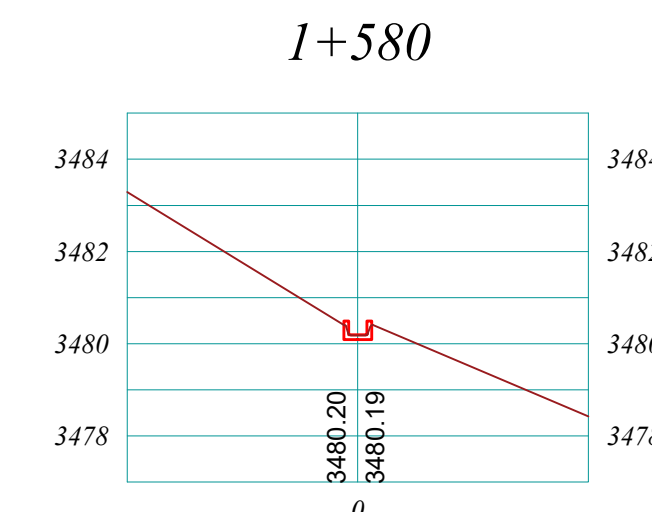
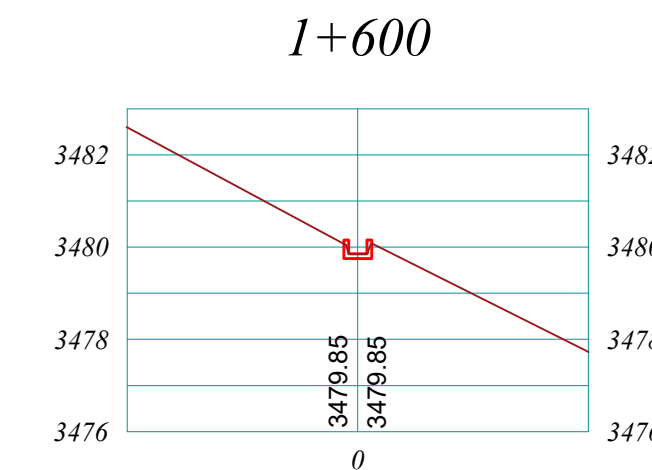
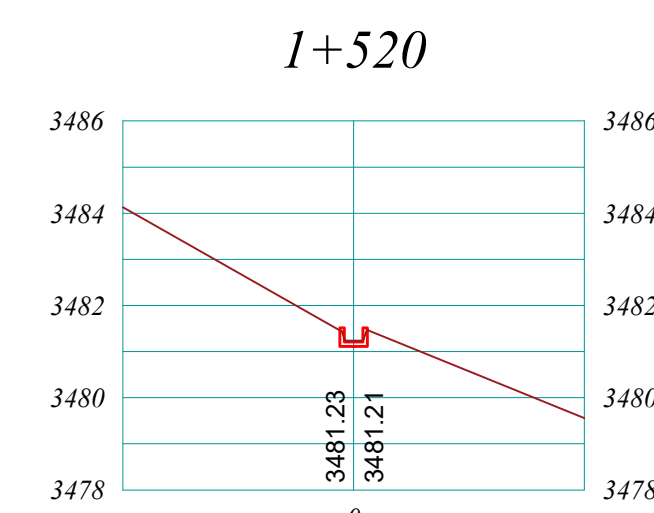
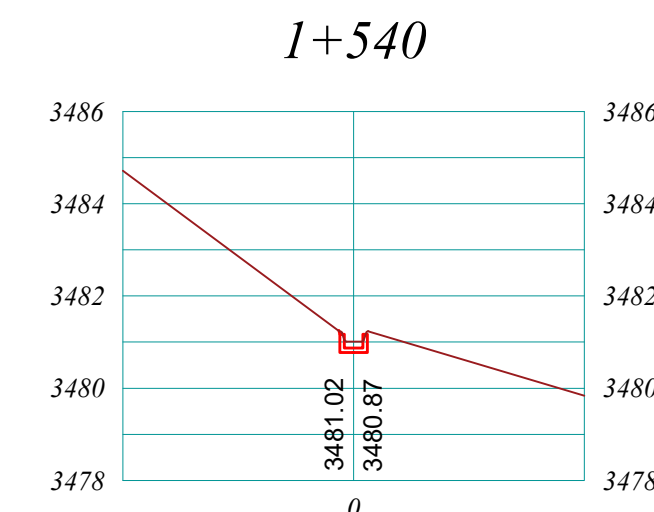
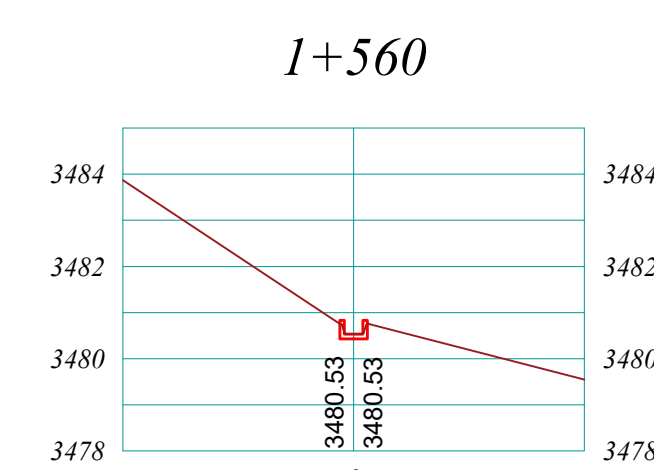
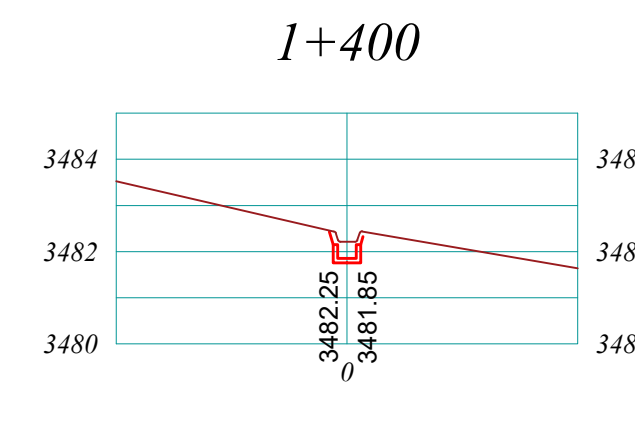
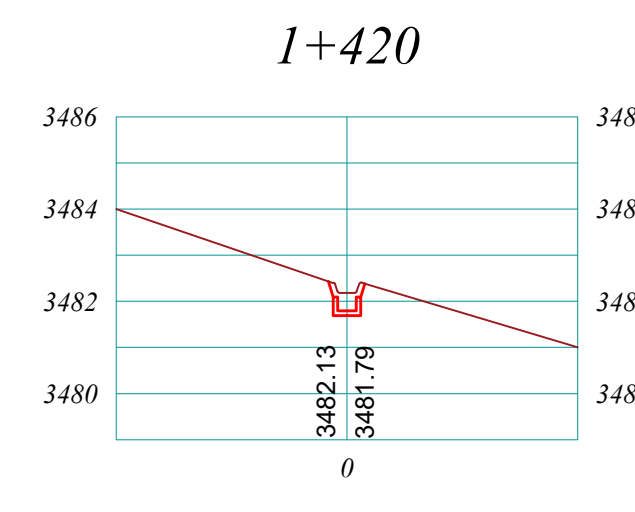
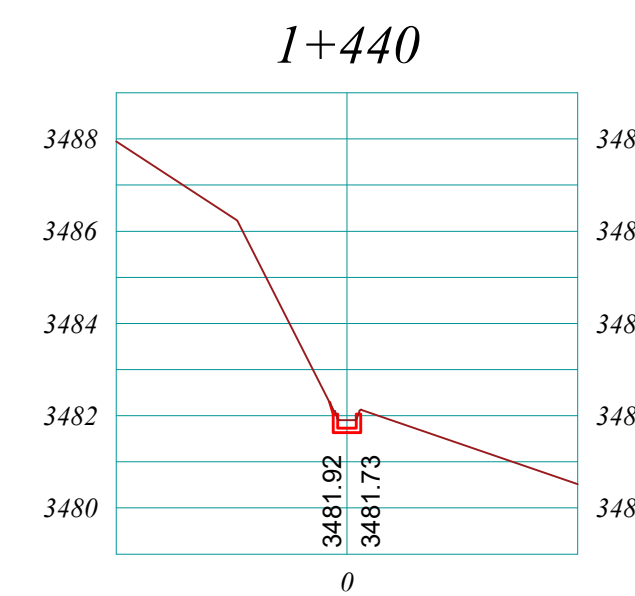
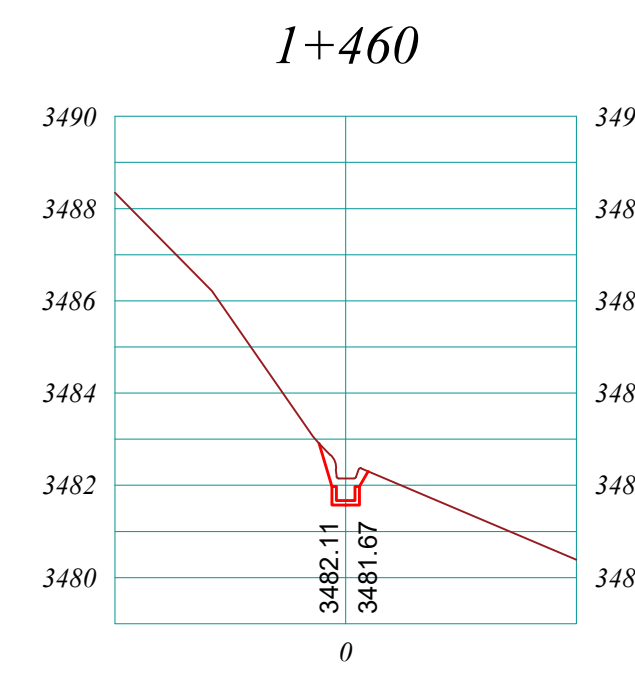
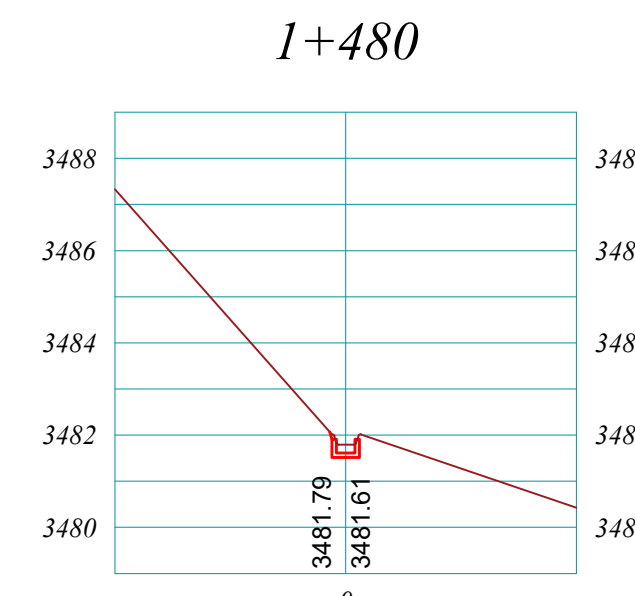
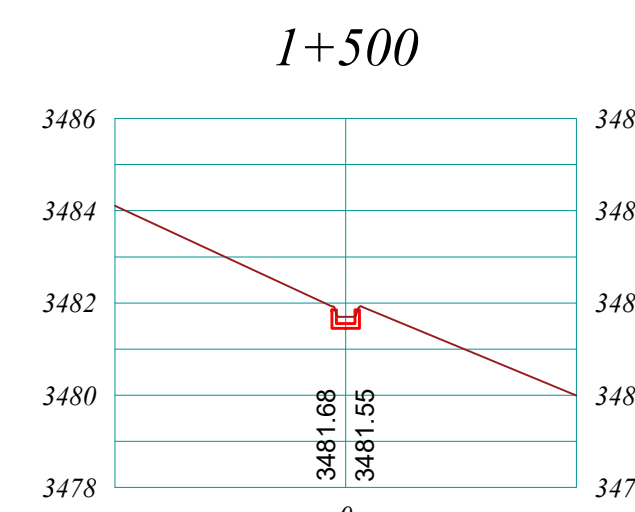
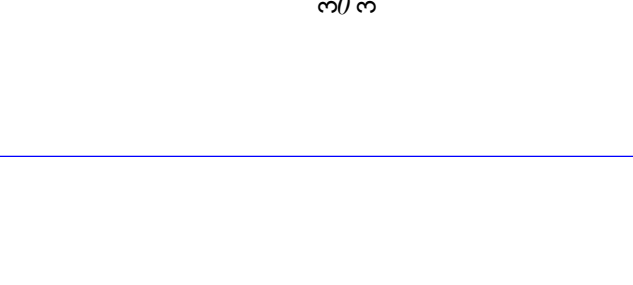
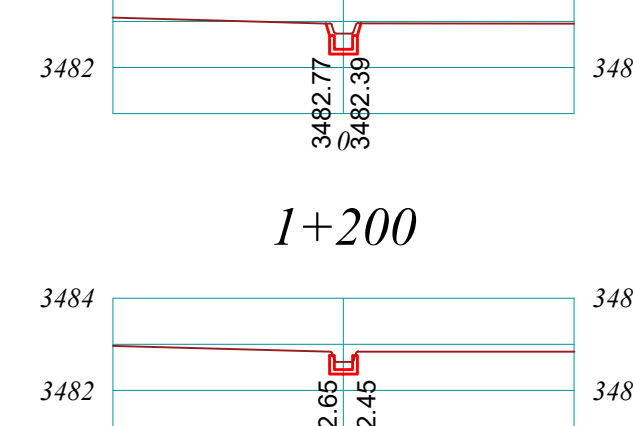
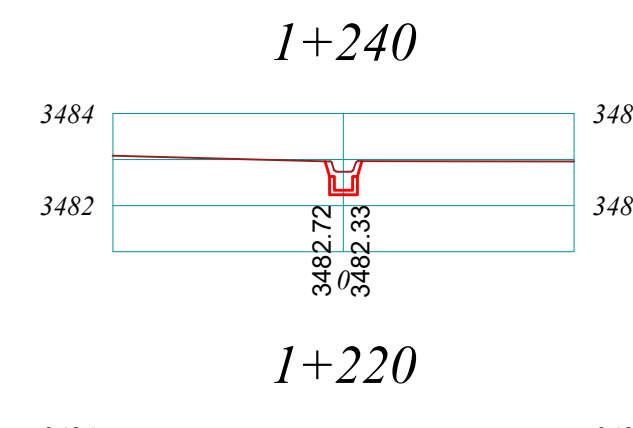
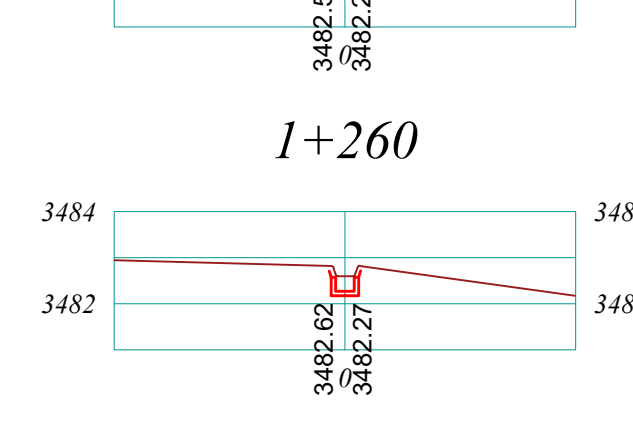
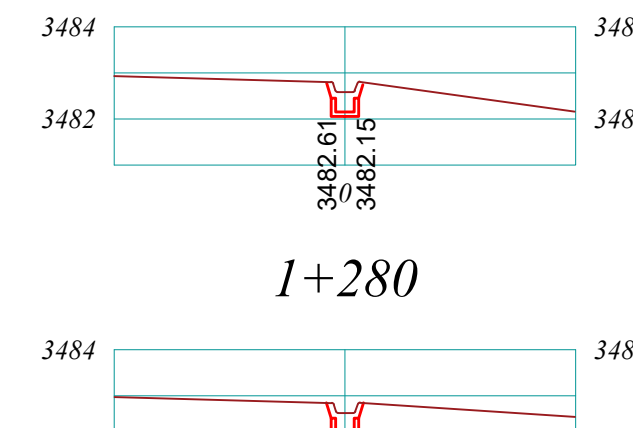
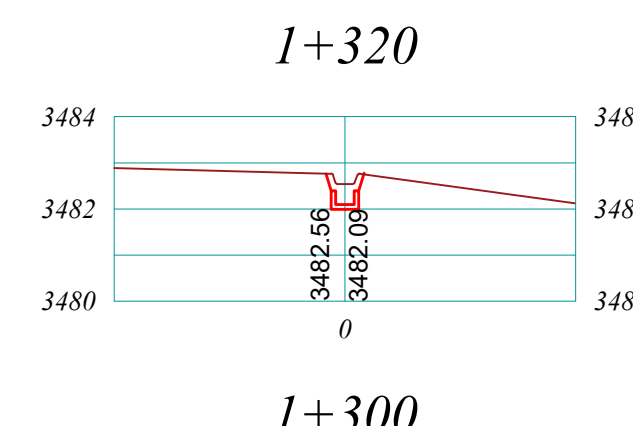
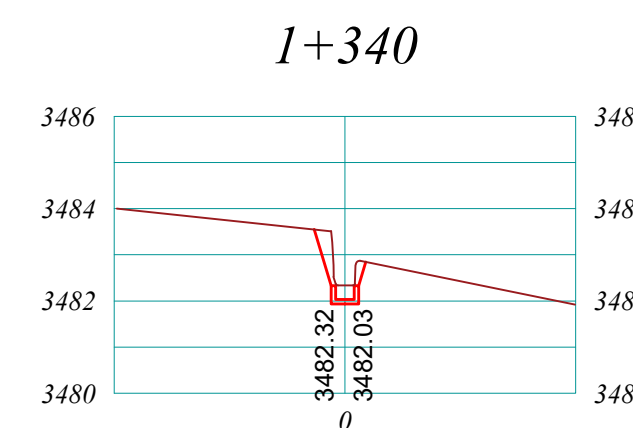
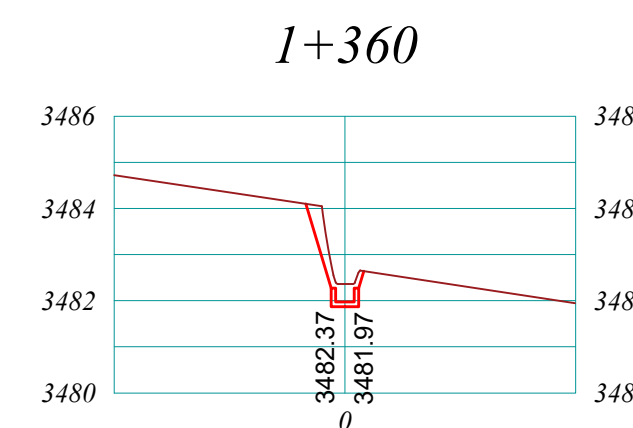
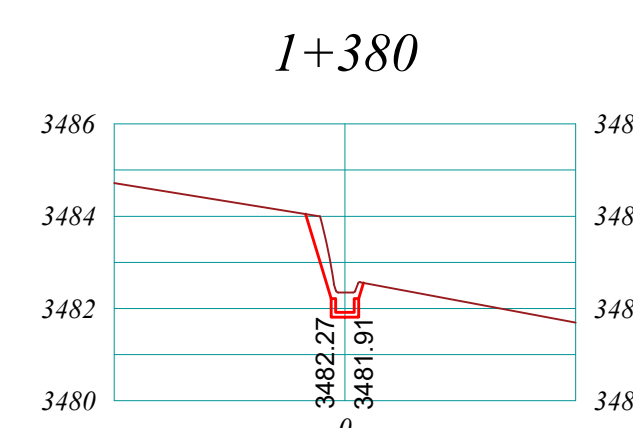
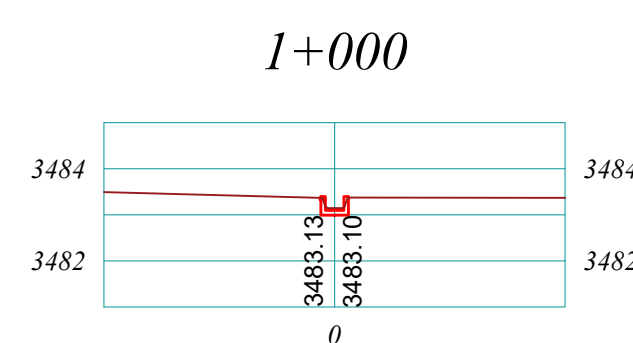
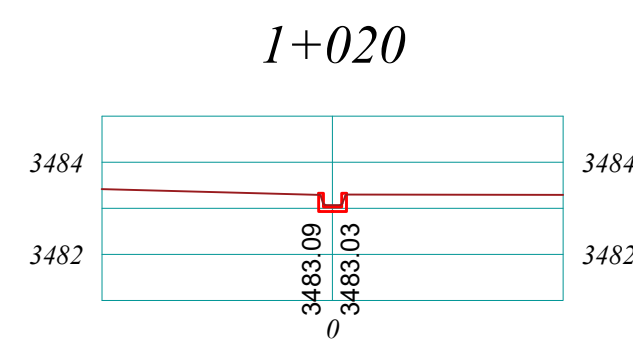
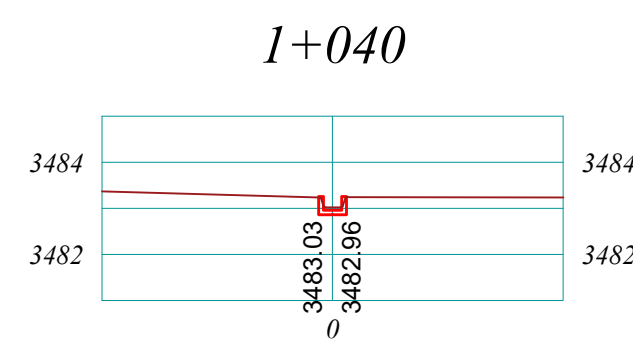
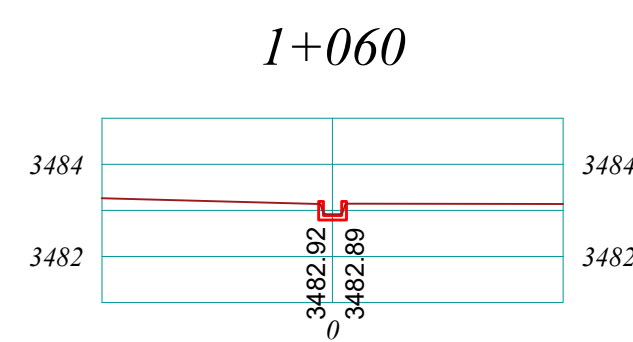
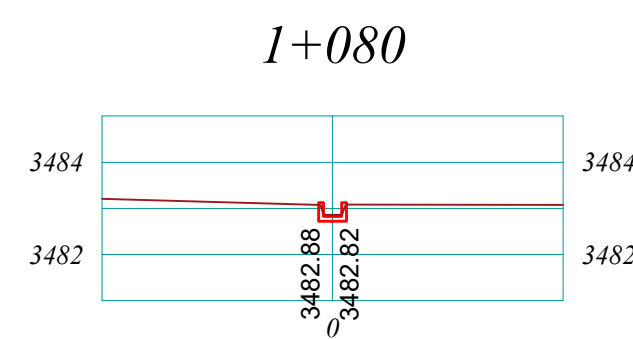
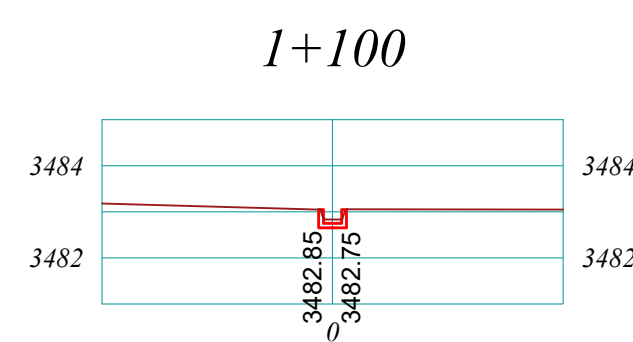
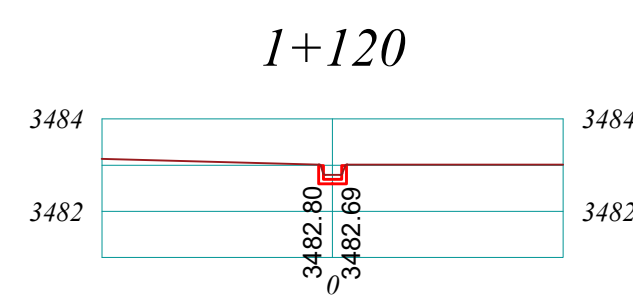
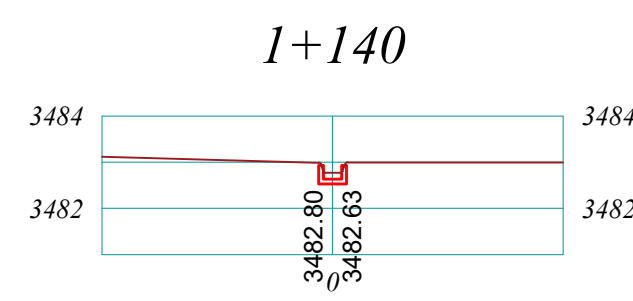
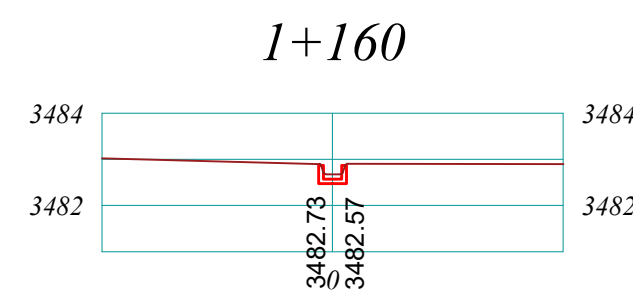
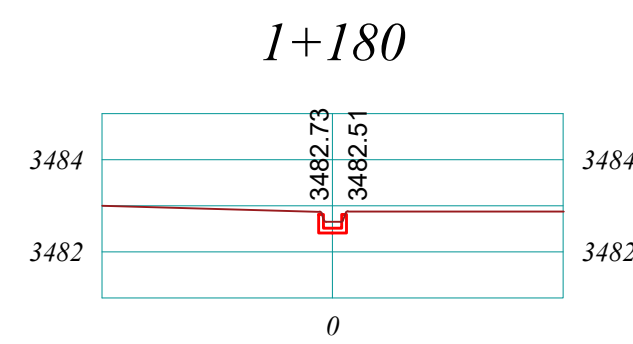
ESCALA: 1/2000

PROV: LUCANAS

C.P.: ANDAMARCA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
	Tesis: DISEÑO HIDRÁULICO CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA PARA OPTIMIZAR EL FUNCIONAMIENTO DEL CANAL DE RIEGO MARCANTA, EN EL DISTRITO DE CARMEN SALCEDO, LUCANAS, REGIÓN AYACUCHO		
	Plano: SECCIONES TRANSVERSALES		
BACHILLER: GUERRA POMA ROYER FAUSTO	FECHA: NOV- 2023 ESCALA: 1/200	DPTO: AYACUCHO PROV: LUCANAS	DIST: CARMEN SALCEDO C.P.: ANDAMARCA
			LAMINA: ST-01



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
	Tesis: DISEÑO HIDRÁULICO CON MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA PARA OPTIMIZAR EL FUNCIONAMIENTO DEL CANAL DE RIEGO MARCANTA, EN EL DISTRITO DE CARMEN SALCEDO, LUCANAS, REGIÓN AYACUCHO		
	Plano: SECCIONES TRANSVERSALES		
BACHILLER: GUERRA POMA ROYER FAUSTO	FECHA: NOV.- 2023 ESCALA: 1/200	DPTO: AYACUCHO PROV: LUCANAS	DIST: CARMEN SALCEDO C.P.: ANDAMARCA
			LAMINA: ST-02