

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL
TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA
LOCALIDAD CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE -
JORGE BASADRE – TACNA

TESIS

Presentada por:

Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE
CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL “C” KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA
LOCALIDAD CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE -
TACNA”

Tesis sustentada y aprobada el día 22 de diciembre del 2025 estando
integrado el Jurado Calificador por:


PRESIDENTE


:
Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga

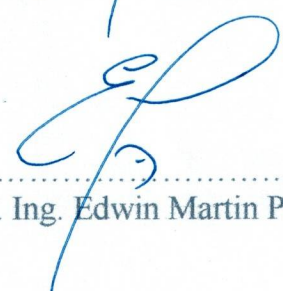
SECRETARIO


:
Ing. Omar Mamani Huarcaya

VOCAL


:
Ph.D. Ing. Edwin Martin Pino Vargas

ASESOR DE TESIS


:
Ph.D. Ing. Edwin Martin Pino Vargas

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Ph.D. Ing. Edwin Martin Pino Vargas, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 997-2024-FIAG/UNJBG del 27 de diciembre del 2024, de la Tesis titulada: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE – JORGE BASADRE – TACNA". Presentado por el Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 4%. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para optar el título profesional de Ingeniero Civil, según corresponda para su publicación en el Repositorio Institucional.

Tacna, 30 de diciembre del 2025



FIRMA ASESOR

Nombres y apellidos: Ph.D. Ing. Edwin Martin Pino Vargas

DNI: 00486621



FIRMA AUTOR

Nombres y apellidos: Luis Demóstenes Ramos Choque

DNI: 76802331

DEDICATORIA

A mis padres Artur y Agri por
su grato apoyo durante mi constante
formación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por brindarme la oportunidad de desarrollar mi formación profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y a mi Asesor de Tesis, por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. Oscar Llerena y a la Dra. Ing. Eudalda Medina, por el valioso apoyo brindado desde la Dirección Zonal 07 del SENAMHI.

Y, de manera muy especial, a mi familia, por su constante apoyo, confianza y aliento, que han sido el pilar esencial para alcanzar este logro.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
HOJA DE JURADO	ii
CERTIFICADO DE SIMILITUD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
ASPECTOS GENERALES	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.2.1. Problema general.....	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. FUNDAMENTO Y JUSTIFICACIÓN	6
1.3.1. Justificación práctica	6
1.3.2. Justificación metodológica.....	7
1.3.3. Justificación social.....	7
1.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	8
1.4.1. Objetivo General.....	8
1.4.2. Objetivos Específicos	8
1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	9

1.5.1.	Hipótesis General.....	9
1.5.2.	Hipótesis Específicas	9
1.6.	VARIABLES	9
1.6.1.	Identificación de variables	9
1.6.2.	Caracterización de variables	10
1.6.3.	Operacionalización de las variables	12
CAPÍTULO II		13
MARCO TEÓRICO		13
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
2.1.1.	Antecedentes internacionales	13
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	14
2.1.3.	Antecedentes locales	16
2.2.	MARCO TEORICO	17
2.2.1.	Infraestructura hidráulica de riego	17
2.2.2.	Canales de riego.....	19
2.2.3.	Elementos geométricos de la sección transversal para canales trapezoidales.....	20
2.2.4.	Caudal	23
2.2.5.	Tipo de flujo; según número de Froude	24
2.2.6.	Tirante hidráulico.....	25
2.2.7.	Velocidades máximas y mínimas de flujo	26
2.2.8.	Fórmula de Manning.....	30
2.2.9.	Coeficiente de rugosidad	31
2.2.10.	Eficiencia hidráulica	32
2.2.11.	Pérdidas en conducción.....	34
2.2.12.	Operación en canales.....	34
2.2.13.	Mantenimiento de canales	35
2.2.14.	Método de la sección media.....	37
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	40

CAPÍTULO III	45
MARCO METODOLÓGICO	45
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	45
3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	46
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	46
3.4.1. Población:	46
3.4.2. Muestra:.....	46
3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	46
3.5.1. Recopilación documental	46
3.5.2. Inspección de campo	47
3.5.3. Levantamiento topográfico	47
3.5.4. Aforo de caudales mediante el método de la sección media.....	47
3.6. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	53
3.7. RESUMEN DE TECNICAS E INSTRUMENTOS	55
3.8. PROCEDIMIENTOS	55
3.8.1. ETAPA I: Recolección de datos.....	55
3.8.2. ETAPA II: Procesamiento técnico	56
3.8.3. ETAPA III: Análisis y presentación de resultados	56
3.9. CONSIDERACIONES DE CALIDAD Y PRECISIÓN	57
3.10. RESULTADOS ESPERADOS.....	57
CAPÍTULO IV	58
RESULTADOS	58
4.1. ESTADO SITUACIONAL.....	58
4.1.1. Ubicación	58
4.1.2. Acceso	61
4.1.3. Estudios topográficos.....	61
4.1.4. Ecuación de Velocidad	62

4.2.	RESULTADO DEL AFORO: TIRANTES, VELOCIDAD Y CAUDALES.....	63
4.2.1.	Resumen de tirantes obtenidos.....	126
4.2.2.	Resumen de velocidades obtenidos	128
4.3.	CÁLCULO DE EFICIENCIA HIDRÁULICA.....	130
4.3.1.	Cálculo de la eficiencia hidráulico por cada tramo aforado	130
4.3.2.	Resumen de cálculo de la eficiencia hidráulico del lateral "C"	176
4.4.	CARACTERÍSTICAS DEL CANAL	180
	CAPÍTULO V.....	191
	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	191
	CONCLUSIONES.....	198
	RECOMENDACIONES	200
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	202
	ANEXOS.....	206

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Esquema general de un sistema de riego</i>	19
Figura 2 <i>Elementos geométricos de un canal de sección trapezoidal</i>	20
Figura 3 <i>Ficha de registro de aforo mediante el método de la sección media</i>	50
Figura 4 <i>Medición de distancia al punto de aforo</i>	51
Figura 5 <i>Aforo en segundo vertical</i>	52
Figura 6 <i>Ubicación del Canal Lateral "C"</i>	60
Figura 7 <i>Sección de canal principal - derivación</i>	65
Figura 8 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+000.00</i>	67
Figura 9 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+144.00</i>	69
Figura 10 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+150.00</i>	71
Figura 11 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+305.00</i>	73
Figura 12 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+330.00</i>	75
Figura 13 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+490.00</i>	77
Figura 14 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+508.00</i>	79
Figura 15 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+810.00</i>	81
Figura 16 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+825.00</i>	83
Figura 17 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+041.00</i>	85
Figura 18 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+058.00</i>	87
Figura 19 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+204.00</i>	89
Figura 20 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+222.00</i>	91
Figura 21 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+432.00</i>	93
Figura 22 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+450.00</i>	95
Figura 23 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+646.00</i>	97
Figura 24 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+664.00</i>	99
Figura 25 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+829.00</i>	101
Figura 26 <i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+847.00</i>	103

Figura 27	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+130.00</i>	105
Figura 28	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+148.00</i>	107
Figura 29	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+408.00</i>	109
Figura 30	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+426.00</i>	111
Figura 31	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+642.00</i>	113
Figura 32	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+660.00</i>	115
Figura 33	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+880.00</i>	117
Figura 34	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+897.00</i>	119
Figura 35	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 3+118.00</i>	121
Figura 36	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 3+136.00</i>	123
Figura 37	<i>Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 3+136.00</i>	125
Figura 38	<i>Gráfico de tirantes obtenidos en el canal lateral "C"</i>	128
Figura 39	<i>Gráfico de velocidades obtenidos en el canal Lateral "C"</i>	130
Figura 40	<i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°01: 0+000.00 - 0+144.00</i>	134
Figura 41	<i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°02: 0+144.00 – 0+150.00</i>	135
Figura 42	<i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°03: 0+150.00 – 0+305.00</i>	137
Figura 43	<i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°04: 0+305.00 – 0+330.00</i>	138
Figura 44	<i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°05: 0+330.00 – 0+490.00</i>	140
Figura 45	<i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°06: 0+490.00 – 0+508.00</i>	141
Figura 46	<i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°07: 0+508.00 – 0+810.00</i>	143

Figura 47 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°08: 0+810.00 – 0+825.00</i>	144
Figura 48 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°09: 0+825.00 – 1+041.00</i>	146
Figura 49 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°10: 1+041.00 – 1+058.00</i>	147
Figura 50 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°11: 1+058.00 – 1+204.00</i>	149
Figura 51 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°12: 1+204.00 – 1+222.00</i>	150
Figura 52 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°13: 1+222.00 – 1+432.00</i>	152
Figura 53 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°14: 1+432.00 – 1+450.00</i>	153
Figura 54 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°15: 1+450.00 – 1+646.00</i>	155
Figura 55 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°16: 1+646.00 – 1+664.00</i>	156
Figura 56 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°17: 1+664.00 – 1+829.00</i>	158
Figura 57 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°18: 1+829.00 – 1+847.00</i>	159
Figura 58 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°19: 1+847.00 – 2+130.00</i>	161
Figura 59 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°20: 2+130.00 – 2+148.00</i>	162
Figura 60 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°21: 2+148.00 – 2+408.00</i>	164

Figura 61 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°22: 2+408.00 – 2+426.00</i>	165
Figura 62 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°23: 2+426.00 – 2+642.00</i>	167
Figura 63 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°24: 2+642.00 – 2+666.00</i>	168
Figura 64 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°25: 2+666.00 – 2+880.00</i>	170
Figura 65 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°26: 2+880.00 – 2+897.00</i>	171
Figura 66 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°27: 2+897.00 – 3+118.00</i>	173
Figura 67 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°28: 3+118.00 – 3+136.00</i>	174
Figura 68 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°29: 3+136.00 – 3+240.00</i>	176
Figura 69 <i>Gráfico de eficiencia hidráulica del canal lateral "C"</i>	179
Figura 70 <i>Estado de la compuerta de captación lateral "C": Progresiva 0+000.00</i>	180
Figura 71 <i>Sifón rústico en la progresiva 0+120.00</i>	181
Figura 72 <i>Abertura lateral en la progresiva 0+200.00</i>	182
Figura 73 <i>Acumulación de vegetación y colmatación en la progresiva 0+400.00</i>	183
Figura 74 <i>Colmatación severa por sedimentos y vegetación en la progresiva 0+550.00</i>	184
Figura 75 <i>Vegetación sobre juntas en la progresiva 0+900.00</i>	185
Figura 76 <i>Acumulación de material vegetal en la progresiva 1+200.00</i>	186

Figura 77 <i>Presencia de tubería en lado inferior derecho de canal en la progresiva:1+920.00</i>	187
Figura 78 <i>Humedad en talud derecho, indicador de filtración en la progresiva 1+935.00</i>	188
Figura 79 <i>Sub-lateral rústica de tierra en la progresiva 2+500.00</i>	189
Figura 80 <i>Relleno suelto en corona en la progresiva 3+050.00</i>	190

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	12
Tabla 2 Velocidades máximas.....	27
Tabla 3 Máxima velocidad de erosión.....	28
Tabla 4 Velocidades máximas en ft/s en función de f_c y tirante.....	29
Tabla 5 Velocidades máximas en m/s en función de f_c y tirante.....	30
Tabla 6 Valores de coeficiente de rugosidad	31
Tabla 7 Eficiencia hidráulica de conducción (%)	33
Tabla 8 Instrumentos de investigación.....	54
Tabla 9 Técnicas e instrumentos	55
Tabla 10 Vías de acceso	61
Tabla 11 Registro de tomas laterales y sus compuertas.....	62
Tabla 12 Ecuación de calibración del correntómetro empleado	63
Tabla 13 Ubicación de aforos - progresivas.....	64
Tabla 14 Resultados de aforo N°01: Medición de velocidad, profundidad y caudal en el canal de primer orden - derivación	66
Tabla 15 Resultados de aforo N°02: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+000.00	68
Tabla 16 Resultados de aforo N°03: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+144.00	70
Tabla 17 Resultados de aforo N°04: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+150.00	72
Tabla 18 Resultados de aforo N°05: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+305.00	74
Tabla 19 Resultados de aforo N°06: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+330.00	76
Tabla 20 Resultados de aforo N°07: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+490.00	78

Tabla 21 Resultados de aforo N°08: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+508.00	80
Tabla 22 Resultados de aforo N°09: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+810.00	82
Tabla 23 Resultados de aforo N°10: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+825.00	84
Tabla 24 Resultados de aforo N°11: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+041.00	86
Tabla 25 Resultados de aforo N°12: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+058.00	88
Tabla 26 Resultados de aforo N°13: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+204.00	90
Tabla 27 Resultados de aforo N°14: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+222.00	92
Tabla 28 Resultados de aforo N°15: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+432.00	94
Tabla 29 Resultados de aforo N°16: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+450.00	96
Tabla 30 Resultados de aforo N°17: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+646.00	98
Tabla 31 Resultados de aforo N°18: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+664.00	100
Tabla 32 Resultados de aforo N°19: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+829.00	102
Tabla 33 Resultados de aforo N°20: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+847.00	104
Tabla 34 Resultados de aforo N°21: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+130.00	106

Tabla 35 Resultados de aforo N°22: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+148.00	108
Tabla 36 Resultados de aforo N°23: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+408.00	110
Tabla 37 Resultados de aforo N°24: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+426.00	112
Tabla 38 Resultados de aforo N°25: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+642.00	114
Tabla 39 Resultados de aforo N°26: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+660.00	116
Tabla 40 Resultados de aforo N°27: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+880.00	118
Tabla 41 Resultados de aforo N°28: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+897.00	120
Tabla 42 Resultados de aforo N°29: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 3+118.00	122
Tabla 43 Resultados de aforo N°30: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 3+136.00	124
Tabla 44 Resultados de aforo N°31: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 3+240.00	126
Tabla 45 Resumen de tirantes obtenidos en el canal Lateral "C"	127
Tabla 46 Resumen de velocidades obtenidos en el canal Lateral "C"	129
Tabla 47 Progresivas de tramos aforados	132
Tabla 48 Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°01: 0+000.00 - 0+144.00	133
Tabla 49 Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°02: 0+144.00 – 0+150.00	135

Tabla 50 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°03: 0+150.00 – 0+305.00</i>	136
Tabla 51 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°04: 0+305.00 – 0+330.00</i>	138
Tabla 52 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°05: 0+330.00 – 0+490.00</i>	139
Tabla 53 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°06: 0+490.00 – 0+508.00</i>	141
Tabla 54 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°07: 0+508.00 – 0+810.00</i>	142
Tabla 55 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°08: 0+810.00 – 0+825.00</i>	144
Tabla 56 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°09: 0+825.00 – 1+041.00</i>	145
Tabla 57 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°10: 1+041.00 – 1+058.00</i>	147
Tabla 58 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°11: 1+058.00 – 1+204.00</i>	148
Tabla 59 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°12: 1+204.00 – 1+222.00</i>	150
Tabla 60 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°13: 1+222.00 – 1+432.00</i>	151
Tabla 61 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°14: 1+432.00 – 1+450.00</i>	153
Tabla 62 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°15: 1+450.00 – 1+646.00</i>	154
Tabla 63 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°16: 1+646.00 – 1+664.00</i>	156

Tabla 64 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°17: 1+664.00 – 1+829.00</i>	157
Tabla 65 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°18: 1+829.00 – 1+847.00</i>	159
Tabla 66 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°19: 1+847.00 – 2+130.00</i>	160
Tabla 67 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°20: 2+130.00 – 2+148.00</i>	162
Tabla 68 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°21: 2+148.00 – 2+408.00</i>	163
Tabla 69 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°22: 2+408.00 – 2+426.00</i>	165
Tabla 70 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°23: 2+426.00 – 2+642.00</i>	166
Tabla 71 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°24: 2+642.00 – 2+666.00</i>	168
Tabla 72 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°25: 2+666.00 – 2+880.00</i>	169
Tabla 73 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°26: 2+880.00 – 2+897.00</i>	171
Tabla 74 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°27: 2+897.00 – 3+118.00</i>	172
Tabla 75 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°28: 3+118.00 – 3+136.00</i>	174
Tabla 76 <i>Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°29: 3+136.00 – 3+240.00</i>	175
Tabla 77 <i>Eficiencia hidráulica del lateral "C": Por tramos y acumulado.....</i>	177

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad determinar la eficiencia hidráulica de la infraestructura del canal trapezoidal lateral "C". El estudio fue de tipo de aplicada, con enfoque cuantitativo y un diseño no experimental-transaccional descriptivo. La evaluación se realizó de manera integral a lo largo de los 3, 2472 km de extensión del canal.

Respecto a la variable independiente (características del canal y prácticas de mantenimiento), los resultados evidenciaron deficiencias críticas, tales como severa colmatación, acumulación de vegetación y la presencia de derivaciones rústicas (sifón y sub-lateral de tierra), las cuales comprometen la capacidad de conducción. En relación con la variable dependiente (eficiencia hidráulica de la infraestructura), se determinó que la eficiencia de conducción fue del 72,26 %, lo que representa una pérdida total de 27, 7 % del caudal inicial, concentrándose las mayores pérdidas en los tramos críticos 7, 9, 19, 27 y 29.

Se concluyó que, si bien la eficiencia de conducción del 72,26 % supera el 50 % hipotetizado para la infraestructura revestida, este valor resulta subóptimo en comparación con los estándares establecidos por la FAO, siendo la causa principal del bajo rendimiento la combinación de las fallas operacionales y la falta de mantenimiento que se documentaron a lo largo del canal.

Palabras clave: Eficiencia hidráulica, canal lateral, caudal, tirante, colmatación, filtración.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the hydraulic efficiency of the infrastructure of the trapezoidal lateral canal "C". The study was applied in nature, with a quantitative approach and a descriptive, non-experimental, cross-sectional design. The evaluation was conducted comprehensively along the canal's 3.2472 km length.

Regarding the independent variable (canal characteristics and maintenance practices), the results revealed critical deficiencies, such as severe siltation, vegetation accumulation, and the presence of rudimentary diversions (siphon and earthen sub-lateral), which compromise the canal's flow capacity. Regarding the dependent variable (hydraulic efficiency of the infrastructure), the conveyance efficiency was determined to be 72.26%, representing a total loss of 27.7% of the initial flow rate, with the greatest losses concentrated in critical sections 7, 9, 19, 27, and 29.

It was concluded that, although the conveyance efficiency of 72.26% exceeds the hypothesized 50% for the lined infrastructure, this value is suboptimal compared to the standards established by the FAO. The main cause of the low performance is the combination of operational failures and lack of maintenance documented along the canal.

Keywords: Hydraulic efficiency, lateral canal, flow rate, water depth, siltation, filtration.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura hidráulica constituye un factor clave para el desarrollo económico y social de un país, al garantizar la adecuada gestión del recurso hídrico. En el sector agrícola, los canales de riego cumplen un rol esencial en la conducción y distribución del agua; sin embargo, la falta de mantenimiento y el deterioro estructural reducen su eficiencia, afectando la productividad y el bienestar de las comunidades.

Investigaciones previas, como las realizadas en el canal La Collpa (Quiliche, 2021), el canal Huayao (Capcha & Martínez, 2021), el canal Toraya, Velazque Huallpa (2024) y el canal Yesera Ticona Parihuana (2024), evidencian que los sistemas de riego en el Perú presentan pérdidas significativas por infiltración, erosión, reflejadas en bajas eficiencias hidráulicas asociadas a la falta de mantenimiento.

En el distrito de Ite, provincia Jorge Basadre, el canal trapezoidal lateral “C” enfrentó problemas similares, tales como erosión de taludes, obstrucciones y falta de mantenimiento, lo que disminuyó la eficiencia del sistema y limitó el abastecimiento de agua a los cultivos de maíz, ajo y alfalfa.

Para su evaluación se emplearon mediciones de caudales, tirantes y velocidades mediante correntómetro, complementadas con cálculos hidráulicos basados en la geometría y topografía del canal. El objetivo principal del presente estudio fue determinar la eficiencia hidráulica del canal lateral “C”, entre el Km

0+000 y el Km 3+247.20, así como proponer medidas de mejora orientadas a optimizar el uso del recurso hídrico y fortalecer la sostenibilidad de la agricultura local.

Esta investigación se estructuró en cinco capítulos:

En el Capítulo I se describió el problema de investigación, se formularon las interrogantes, la justificación del estudio, se establecieron los objetivos y se plantearon las hipótesis.

En el Capítulo II se desarrollaron los antecedentes de la investigación, el marco teórico y la definición de términos utilizados en la presente investigación.

En el capítulo III se detalló la metodología empleada, incluyendo el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, las técnicas de recolección de datos, así como el procesamiento y los análisis de datos.

En el capítulo IV se presentaron los resultados, incluyendo el cálculo de caudales, tirantes y velocidades y la eficiencia hidráulica.

Finalmente, en el capítulo V se realizó el análisis de los resultados, y, en consecuencia, se formularon las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua constituye un recurso estratégico para el desarrollo sostenible de las comunidades agrícolas, especialmente en regiones áridas y semiáridas como Tacna. En el Perú, pese a la existencia de importantes infraestructuras de riego, múltiples estudios han demostrado que los sistemas de conducción y distribución de agua presentan serias deficiencias que afectan la eficiencia hidráulica. Investigaciones como la de Quiliche (2021) en Cajamarca y Capcha & Martínez (2021) en Junín evidencian pérdidas significativas por infiltración, deterioro de estructuras y deficiente mantenimiento, con niveles de eficiencia que, en algunos casos, no superan el 60%. Estos resultados coinciden con la problemática señalada por Velásquez Huallpa (2024), quien resalta que el abandono del mantenimiento reduce considerablemente la vida útil de los canales de riego y compromete la productividad agrícola.

En el distrito de Ite, provincia Jorge Basadre, región Tacna, la actividad agrícola es la base de la economía local, con aproximadamente 2,000 hectáreas de cultivos de maíz, ajo, alfalfa y granada irrigados principalmente por el canal trapezoidal lateral "C". Sin embargo, el uso ineficiente y el mal manejo del recurso hídrico han generado desconocimiento sobre la eficiencia hidráulica real de esta infraestructura. A ello se suman los efectos del cambio climático, que en los

últimos años se han traducido en intensas lluvias y huaycos que provocaron erosión, infiltración en los taludes, derrumbes y obstrucciones a lo largo del canal.

Asimismo, prácticas inadecuadas como la instalación de tomas de agua improvisadas mediante tuberías clandestinas alteran el flujo normal, reducen la disponibilidad de caudal hacia las parcelas finales y afectan directamente la equidad en la distribución del recurso. Estas deficiencias incrementan las pérdidas por infiltración, disminuyen la eficiencia del sistema y repercuten negativamente en la producción agrícola del distrito, generando desigualdades entre usuarios y reduciendo la sostenibilidad del riego.

Experiencias similares se han reportado en distintas regiones del país: Ramos & Vega (2020) determinaron que las secciones trapezoidales revestidas son más eficientes que las rectangulares; López Contreras (2020) evidencia la falta de revestimiento y la proliferación de compuertas clandestinas incrementan pérdidas superiores al 30% del caudal; mientras que Carhuas García (2022) concluyeron que el diseño inadecuado y el deterioro estructural limitan seriamente la capacidad de conducción de los canales. Estos antecedentes refuerzan la necesidad de evaluar técnicamente la eficiencia hidráulica de cada sistema para sustentar propuestas de mejora.

En este contexto, surge la necesidad de realizar un diagnóstico integral del canal trapezoidal lateral "C" del distrito de Ite, que permita medir con precisión la eficiencia hidráulica mediante datos técnicos de caudales, velocidades y tirantes,

identificando las principales pérdidas y proponiendo soluciones orientadas al mejoramiento de la infraestructura y a la implementación de un plan de gestión y mantenimiento. De este modo, se busca optimizar el uso del recurso hídrico, incrementar la productividad agrícola y contribuir al desarrollo de la región.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de eficiencia hidráulica de la infraestructura del canal trapezoidal lateral “C” KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es la magnitud de los tirantes y de las velocidades en el canal trapezoidal lateral “C” KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.?

¿Cuál es el flujo de caudal que circula en el canal trapezoidal lateral “C” KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.?

¿Cuál es el estado actual de la infraestructura y del funcionamiento operativo del canal lateral “C” KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.?

1.3. FUNDAMENTO Y JUSTIFICACIÓN

El sector agrícola consume cerca del 70% del agua disponible mediante sistemas de riego, pero enfrenta desafíos significativos debido a la creciente escasez hídrica. Esta situación se atribuye al uso ineficiente del recurso, los impactos del cambio climático y la creciente demanda en los sectores urbano e industrial, lo que intensifica la competencia por el agua (FAO, 2012).

Según la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, promulgada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el agua es reconocida como un recurso con valor sociocultural, económico y ambiental. Por ello, su gestión debe basarse en un enfoque equilibrado que integre estos tres aspectos de manera armónica. En el ámbito agrícola, este enfoque cobra especial relevancia, ya que la evaluación y el análisis hidráulico son fundamentales para garantizar un manejo eficiente y sostenible del recurso hídrico (ANA, 2009).

1.3.1. Justificación práctica

La presente tesis contribuirá directamente a optimizar el uso del recurso hídrico en el canal trapezoidal lateral "C". Al evaluar y analizar su eficiencia hidráulica mediante registros de parámetros hidráulicos e inspección técnica, se podrán identificar problemas como pérdidas de agua, colmatación, erosión o sedimentación, permitiendo implementar mejoras que incrementen su capacidad operativa y funcional. Esto resulta esencial para garantizar un suministro de agua

adecuado para las actividades agrícolas en la localidad de Casa Blanca, promoviendo así el desarrollo sostenible de la región.

1.3.2. Justificación metodológica

La presente investigación propone una metodología cuantitativa mediante el análisis y cálculos detallados de mediciones de caudal, parámetros geométricos como tirantes y velocidades que van directamente influenciado por empleo del correntómetro y posterior cálculo de caudales y eficiencia hidráulica. Además de una metodología cualitativa mediante la inspección y análisis en campo del uso del agua y su influencia en la eficiencia hídrica.

1.3.3. Justificación social

Los habitantes del distrito de Ite, cuya principal actividad económica es la agricultura con cultivos como maíz, ajo, alfalfa y granada, dependen directamente de la eficiencia del sistema de riego. Por ello, esta investigación se centra en proponer mejoras en la infraestructura, operación y mantenimiento del canal trapezoidal lateral "C", con el objetivo de optimizar su eficiencia hidráulica. De esta manera, se contribuye a garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, promoviendo cultivos sostenibles, empleo, bienestar social y una mejor calidad de vida en Casa Blanca, además de fomentar la conciencia ambiental y una gestión responsable del agua.

1.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Determinar la eficiencia de la infraestructura hidráulica del canal trapezoidal lateral “C” KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.

1.4.2. Objetivos Específicos

Medir la magnitud de los tirantes y hallar las velocidades en el canal trapezoidal lateral “C” KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.

Determinar el flujo de caudal que transcurre en todo el canal trapezoidal lateral “C” KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.

Evaluar el estado actual del canal lateral “C” para determinar si su infraestructura hidráulica y su funcionamiento operativo son adecuados en el lateral “C” KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.

1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis General

La eficiencia hidráulica de canal trapezoidales lateral C, Distrito de Ite, Provincia de Jorge Basadre, Departamento de Tacna es mayor a un 50%, dado que el canal posee una antigüedad no mayor a 3 años.

1.5.2. Hipótesis Específicas

Las magnitudes de los tirantes del canal lateral "C" y velocidades cambian moderadamente por las pérdidas de caudal y topografía del canal.

Los caudales que fluyen en el canal trapezoidal lateral C presentan variaciones por la geometría del canal y pérdidas de caudal.

El estado actual del canal lateral "C" presenta deficiencias en su infraestructura hidráulica.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Identificación de variables

En la presente investigación, se cuentan con las variables:

Variable independiente: Características de canal y prácticas de mantenimiento

Variable dependiente: Eficiencia hidráulica y condiciones de operación.

1.6.2. Caracterización de variables

1.6.2.1. Variable Independiente: Características del canal y prácticas de mantenimiento

Esta variable se refiere al conjunto de condiciones geométricas, estructurales y operativas que presenta el canal trapezoidal lateral "C", así como a las acciones de mantenimiento que se ejecutan para preservar su capacidad de conducción. Comprende los aspectos relacionados con el revestimiento, la presencia de erosión, sedimentación o vegetación, y la frecuencia con la que se realizan labores de limpieza, reparación o conservación.

En la presente investigación, la variable fue observada a lo largo de la infraestructura del canal, comprendida entre el Km 0+000 y el Km 3+247.20, mediante inspección visual y registro fotográfico georreferenciado. Para ello, se aplicó una Ficha de Inspección Técnica, que permitió evaluar el estado actual del canal en diversos puntos de observación distribuidos a lo largo de su recorrido. Los resultados fueron clasificados en tres niveles de valoración: bueno, regular o deficiente, según el grado de afectación detectado en la conducción del caudal.

1.6.2.2. Variable Independiente: Eficiencia hidráulica de la infraestructura

Esta variable representa el grado de aprovechamiento del caudal conducido a lo largo del canal en relación con el caudal de ingreso. Expresa la capacidad real del sistema para transportar el agua desde su punto de captación

hasta la progresiva final, considerando las pérdidas ocasionadas por infiltración, fricción, evaporación o deterioro estructural.

La eficiencia hidráulica se determina mediante el método de la sección media, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Hidrometría del SENAMHI (2010). Para ello, se realizaron mediciones hidrométricas con correntómetro calibrado, operado por personal especializado. Se efectuaron mediciones distribuidas en puntos estratégicos del canal, con el propósito de estimar los caudales en diferentes progresivas y establecer un control de las pérdidas a lo largo del recorrido.

1.6.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
V. INDEPENDIENTE		
Características del canal y prácticas de mantenimiento	Condición estructural	Revestimiento Erosión Sedimentación
	Estado operativo	Vegetación Obstrucción Limpieza Frecuencia
	Prácticas de mantenimiento	Reparación Descolmatación
V. DEPENDIENTE		
Eficiencia hidráulica de la infraestructura	Caudal de ingreso	Caudal - Velocidad - Tirante
	Caudal de salida	Caudal - Velocidad - Tirante
	Eficiencia de conducción	Pérdidas de conducción Porcentaje de eficiencia Infiltración
	Factores de pérdida	Erosión Deterioro

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

En Ecuador, Ortiz Calle, Pazmiño Mayorga y Chile Asimbaya (2021) realizaron una investigación orientada a evaluar el desempeño del Sistema de Riego Tumbaco, en la provincia de Pichincha. Para ello, efectuaron a cabo aforos de caudal en los diferentes tramos del sistema, con el propósito de determinar las eficiencias de conducción, distribución y aplicación. Los resultados mostraron que la eficiencia de conducción alcanzó un 78,82 %, mientras que la de distribución y aplicación fueron de 37,95 % y 60,72 %, respectivamente. En conjunto, la eficiencia global del sistema apenas llegó al 18,17 %, lo que puso de manifiesto una gestión deficiente del recurso hídrico. Los autores señalaron que los principales problemas se relacionaban con una inadecuada programación de riegos y desajustes entre el caudal entregado y el realmente demandado por los usuarios.

En la investigación realizada por Vela Romero (2019) se analizaron distintos componentes del sistema de riego Tumbaco, específicamente el ramal secundario y el óvalo 22-A. Mediante métodos convencionales de cálculo hidráulico, se determinó que la eficiencia de conducción en el ramal alcanzó el

96,40 %, mientras que en el óvalo 22-A las eficiencias de conducción, distribución y transporte fueron de 76,67 %, 53,05 % y 39,61 %, respectivamente.

Asimismo, cerca del 60 % de los agricultores registraron problemas de subirrigación, debido a que los tiempos de riego asignados por la junta de usuarios no se ajustaban a las necesidades hídricas reales de los cultivos. En conjunto, el estudio evidenció una alta eficiencia en conducción, pero una baja eficiencia en distribución, afectada por la gestión operativa del riego. El autor concluyó que la eficiencia global del canal dependía más del manejo técnico y administrativo del recurso que del diseño físico de la infraestructura.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la región de Arequipa, Manrique Yahua (2023) desarrolló un estudio orientado a evaluar la eficiencia hidráulica del canal de abastecimiento que interconecta las centrales hidroeléctricas Charcani III, Charcani I y Charcani II, ubicadas en el distrito de Cayma.

El trabajo tuvo un enfoque no experimental y aplicó el método científico, complementado con simulaciones hidráulicas realizadas mediante el software HEC-RAS 6.4.1. Los resultados demostraron que la eficiencia hidráulica en el tramo comprendido entre Charcani I y II alcanzó un 75,11 %, mientras que en el tramo entre Charcani III y I fue de 87,83 %. Asimismo, se determinó que el primer tramo transporta alrededor del 66 % de su capacidad total, y el segunda cerca del 83 %, lo que refleja un potencial de mejora en la conducción del caudal. Se

concluyó que el canal presenta filtraciones, deterioro en las juntas y deficiente mantenimiento, condiciones que reducen la eficiencia de transporte; por ello, recomendó el revestimiento del canal y la optimización de los tramos con mayor pérdida de caudal, a fin de uniformizar el flujo e incrementar la producción de energía eléctrica (Manrique Yahua, 2023).

En el distrito de Toraya, provincia de Aymaraes, región Apurímac, Velazque Huallpa (2024) desarrolló un estudio enfocado en el análisis de la eficiencia hidráulica del canal de irrigación que abastece a las localidades de Queuñapata y Ccocha Ccocha. El canal, con una longitud aproximada de 3,78 km, se alimenta de tres quebradas principales (Cancarhuaycco, Huisachinca y Tojorhuani) que garantizan el suministro de agua para el riego agrícola. La infraestructura, revestida en concreto, presenta variaciones de sección hasta el kilómetro 2+995, a partir del cual mantiene un tramo uniforme de 0,30 m de ancho por 0,25 m de alto, finalizando en un reservorio con geomembrana de 500 m³. Para el cálculo de caudales de ingreso y salida se emplearon vertederos rectangulares, lo que permitió determinar una eficiencia de conducción del 88, 25 % y un caudal efectivo de 31, 39 l/s. Se concluyó que, si bien la eficiencia del canal es aceptable, el nivel de conducción se encuentra por debajo del estándar recomendado, debido a pérdidas menores y a la necesidad de mantenimiento preventivo para asegurar un aprovechamiento hídrico más eficiente (Velazque Huallpa, 2024).

2.1.3. Antecedentes locales

En la región de Tacna, Ticona Parihuana (2024) desarrolló un estudio orientado a evaluar las pérdidas de conducción y proponer mejoras para la eficiencia hidráulica del canal de riego Yesera, ubicado en el distrito de Magollo, provincia de Candarave. La investigación siguió un diseño no experimental y un enfoque descriptivo, apoyado en el método científico, y se basó en mediciones de campo y levantamientos topográficos para analizar las condiciones estructurales del canal. Se identificaron problemas de pendiente, desbordes, sedimentación, fisuras en las juntas y erosión de paredes, los cuales afectaban el flujo y la estabilidad del sistema. En el tramo crítico comprendido entre las progresivas 4+200 y 5+200 se realizaron aforos mediante los métodos del flotador y correntómetro, obteniéndose un caudal promedio de entrada de $0,072 \text{ m}^3/\text{s}$ y uno de salida de $0,064 \text{ m}^3/\text{s}$. Estos resultados evidenciaron una eficiencia de conducción del 88,79 %, inferior al valor óptimo del 95 % recomendado para canales revestidos. Como propuesta, se planteó el reajuste de pendientes, el rediseño del tramo entre las progresivas 04+200 y 04+700 y la ejecución de un nuevo revestimiento hidráulico, con un presupuesto estimado de S/ 238 334.87, a fin de optimizar la conducción y reducir las pérdidas de caudal (Ticona Parihuana, 2024).

En el distrito de La Yarada Los Palos, región Tacna, Gálvez Cari y Ramírez Moreno (2020) desarrollaron una investigación orientada al diseño hidráulico de un sistema hidropónico con el propósito de optimizar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos agrícolas. El estudio tuvo un enfoque aplicado y descriptivo y empleo encuestas a 293 usuarios de riego del distrito para conocer la situación de la eficiencia del agua en los sistemas tradicionales. Posteriormente, se realizaron los cálculos hidráulicos del sistema hidropónico mediante principios de hidráulica en tuberías y el software HCanales, asegurando velocidades que eviten erosiones y sedimentación en las conducciones. Los resultados mostraron que el 96,93 % de los encuestados manifestó una alta necesidad de innovación tecnológica para mejorar la eficiencia del agua. Asimismo, el sistema diseñado para el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) alcanzó una eficiencia hídrica de 22,60 kg/m³, lo que implica un requerimiento aproximado de 0,044 m³ de agua para producir 1 kg de pepino. Se concluyó que la implementación de sistemas hidropónicos constituye una alternativa sostenible frente a los métodos tradicionales de riego, permitiendo un uso más racional y eficiente del recurso hídrico en zonas áridas como La Yarada Los Palos (Gálvez Cari & Ramírez Moreno, 2020).

2.2. MARCO TEORICO

2.2.1. Infraestructura hidráulica de riego

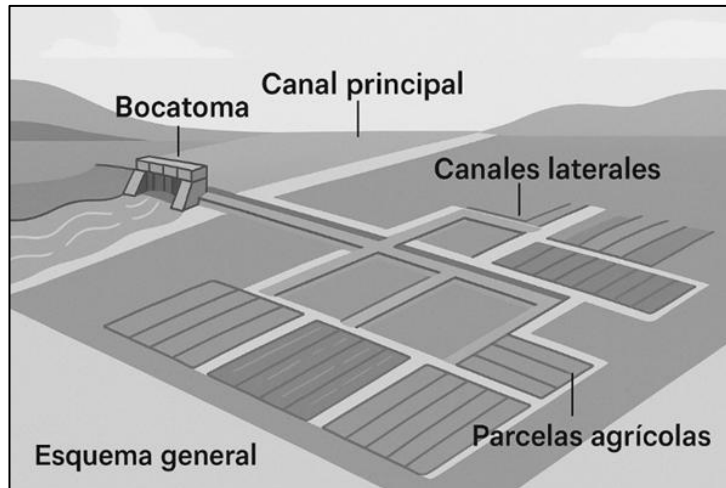
La infraestructura hidráulica de riego es el conjunto de obras y dispositivos diseñados para captar, conducir, almacenar y distribuir agua hacia los terrenos agrícolas, con el fin de asegurar un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico.

Estas obras comprenden bocatomas destinadas a la derivación del agua desde ríos o embalses; canales principales y laterales, que permiten el transporte y distribución del caudal; estructuras de control, como compuertas, partidores; estructuras de cruce, entre ellas alcantarillas y sifones; y estructuras de protección como muros y enrocados.

Un desempeño adecuado de estas infraestructuras depende de tres aspectos clave: (i) el diseño hidráulico, relacionado con caudal, la velocidad, el tirante y la sección geométrica; (ii) el material de construcción y el estado físico de las obras, ya sean revestidas o no, y con o sin fisuras; y (iii) la operación y el mantenimiento periódico. La ausencia de un mantenimiento adecuado provoca pérdidas de agua, erosión de taludes, sedimentación y una reducción de la eficiencia hidráulica (Villón, 1995; ANA, 2021).

Figura 1

Esquema general de un sistema de riego



Nota. Elaboración Propia.

2.2.2. Canales de riego

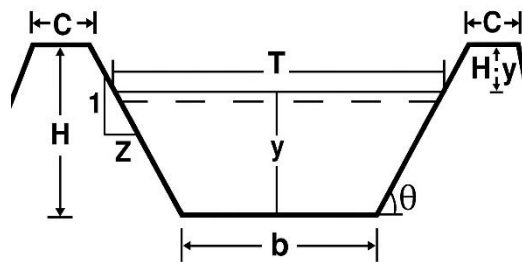
Los canales de riego son estructuras de canal abierto destinadas al transporte de agua desde una fuente de abastecimiento (como ríos, embalses, represas o pozos) hacia las áreas agrícolas, con el propósito de satisfacer los requerimientos hídricos de los cultivos. En su diseño se consideran variables hidráulicas, tales como el caudal, el tirante, la pendiente y la velocidad; variables topográficas, relacionadas con el trazo y el desnivel del terreno; y aspectos constructivos, como material de revestimiento. Un canal correctamente diseñado y mantenido permite reducir pérdidas por infiltración, evaporación y fugas, contribuyendo a mejorar la eficiencia global del sistema de riego (Chow et al., 1988).

2.2.3. Elementos geométricos de la sección transversal para canales trapezoidales

Los canales trapezoidales son los más empleados en irrigación, debido a su estabilidad de taludes y adaptabilidad al terreno natural. Esta sección se caracteriza por presentar:

Figura 2

Elementos geométricos de un canal de sección trapezoidal



Nota. Elaboración Propia.

Donde:

Tirante (y): profundidad del agua desde la solera hasta la lámina libre.

Ancho de solera (b): base inferior.

Espejo de agua (T): ancho de la superficie libre del agua.

Taludes ($z:1$): inclinación lateral del canal.

Ancho de corona (C): es la distancia horizontal medida entre las aristas superiores de los taludes del canal.

Profundidad del canal (H): Altura medida desde el ancho de solera hasta la corona.

Borde libre (H-y).

Ángulo de inclinación (Θ): Entre las paredes laterales con la horizontal.

Área hidráulica (A): superficie transversal ocupada por el agua.

2.2.3.1. Área hidráulica:

Se define como la superficie transversal efectivamente ocupada por el agua en un canal o cauce, medida en un plano perpendicular a la dirección del flujo. Es un parámetro fundamental en la hidráulica de canales, ya que, junto con la velocidad media del flujo, permite calcular el caudal mediante la relación:

$$Q = A * V$$

Donde:

Caudal (Q): (m³/s).

Área (A): área hidráulica (m²).

Velocidad (V): velocidad media (m/s).

El valor de "A" depende directamente de la geometría de la sección y del tirante de agua. En canales trapezoidales, se calcula mediante:

$$A = (b + Z * y) * y = b * y + Z * y^2$$

Donde “b” es el ancho de solera, “z” el talud lateral (H:V) y “y” el tirante (Chow, 1959).

2.2.3.2. Perímetro mojado:

Se define como la longitud de la línea de contorno de una sección transversal de canal que está en contacto directo con el agua. Es un parámetro esencial para el cálculo del radio hidráulico ($R = A/P$) y, en consecuencia, para determinar la velocidad y el caudal mediante la ecuación de Manning.

En un canal trapezoidal, el perímetro mojado se calcula como:

$$p = b + 2 * y * \sqrt{1 + Z^2}$$

Donde:

Ancho de solera (b): (m).

Tirante de agua (y): (m).

Talud (z): (H: V).

2.2.3.3. Radio hidráulico:

El radio hidráulico se define como la relación entre el área hidráulica (A) y el perímetro mojado (P) de una sección transversal de flujo en canal abierto:

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

Donde:

Radio hidráulico (R): (m).

Área hidráulica (A): (m²).

Perímetro mojado (P): (m).

Este parámetro representa una medida de la eficiencia hidráulica de la sección, ya que indica cuánta área de flujo se dispone en relación con la longitud de contorno en contacto con las paredes del canal, donde se producen pérdidas por fricción. Un valor mayor de R implica menor resistencia al flujo y, por tanto, mayor capacidad de conducción.

En un canal trapezoidal, se determina calculando primero el área hidráulica A y el perímetro mojado P, y luego aplicando la relación anterior. El radio hidráulico es un parámetro clave en la aplicación de la ecuación de Manning y en la determinación de la velocidad media del flujo (Chow, 1959).

2.2.4. Caudal

El caudal (Q) es el volumen de agua que circula por una sección transversal del canal en la unidad de tiempo, normalmente expresado en m³/s. Se obtiene mediante la fórmula:

$$Q = A * V$$

Donde A es el área hidráulica (m²) y V la velocidad media del flujo (m/s).

La determinación del caudal es esencial para verificar si el canal transporta la dotación necesaria para cubrir la demanda de riego. En campo, se emplean métodos como el correntómetro, el método del flotador o estructuras calibradas como vertedero. Cuando el caudal de salida es significativamente menor al de entrada, se evidencia la existencia de pérdidas por infiltración o fugas (Mays, 2001).

2.2.5. Tipo de flujo; según número de Froude

El número de Froude “Fr”, es un parámetro adimensional que relaciona la inercia del flujo con la fuerza de gravedad, y se expresa como:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * L}}$$

Donde:

Velocidad (v): velocidad media (m/s).

Aceleración de gravedad (g): (m/s²).

Longitud (L): Longitud de la sección, profundidad media (m).

En los conductos, la distancia característica está determinada por la magnitud de la profundidad media o tirante hidráulico medio.

$$y = \frac{A}{T}$$

$$F = \frac{v}{\sqrt{g * y}} = F = \frac{v}{\sqrt{g * \frac{A}{T}}}$$

Este número permite clasificar el flujo en canales abiertos en tres regímenes principales:

Flujo subcrítico ($Fr < 1$): la gravedad predomina sobre la inercia; el flujo es tranquilo, con velocidades bajas y tirantes grandes. En este régimen, las ondas se propagan en dirección contraria al flujo.

Flujo crítico ($Fr = 1$): condición de equilibrio entre inercia y gravedad; el flujo alcanza la máxima eficiencia energética.

Flujo supercrítico ($Fr > 1$): la inercia domina sobre la gravedad; el flujo es rápido, con altas velocidades y tirantes pequeños. Las ondas solo se propagan en la dirección del flujo.

La clasificación del flujo mediante el número de Froude es fundamental en el análisis hidráulico de canales, ya que determina el comportamiento de las ondas de superficie, la disipación de energía y el diseño de estructuras de control (Chow, 1959).

2.2.6. Tirante hidráulico

El tirante hidráulico (y) corresponde a la profundidad del agua en el canal. Este parámetro es fundamental para calcular el área hidráulica y, en consecuencia, el caudal transportado.

Tirante normal (y_n): ocurre cuando el flujo es uniforme, y se alcanza un equilibrio entre pendiente, rugosidad y caudal.

Tirante crítico (y_c): corresponde a la condición en que el número de Froude (Fr) es igual a 1, marcando el límite entre regímenes subcrítico y supercrítico.

La medición de tirantes en distintos puntos del canal permite detectar pérdidas, obstrucciones, erosión o sedimentación, y contrastar el comportamiento real con el diseño hidráulico (Chow, 1959).

2.2.7. Velocidades máximas y mínimas de flujo

La velocidad (V) es la distancia recorrida por el agua en la unidad de tiempo. Se relaciona directamente con el caudal mediante:

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

El control de la velocidad del flujo en los canales constituye un aspecto esencial del diseño hidráulico, pues esta debe mantenerse dentro de un rango óptimo. Cuando la velocidad es demasiado baja, se produce sedimentación, lo que reduce la sección hidráulica útil y puede llegar a azolver el canal. Por el contrario, una velocidad excesiva puede ocasionar erosión en las paredes y el fondo, afectando el alineamiento y la estabilidad estructural de la obra hidráulica.

De acuerdo con la U.S. Bureau of Reclamation, citado por Villón Béjar (1995), en canales revestidos con hormigón no armado las velocidades del flujo no deben exceder el rango de 2,5 a 3,0 m/s, a fin de evitar el levantamiento o

desprendimiento del revestimiento. Por su parte, Villón Béjar (1995) define la velocidad máxima permisible como aquella que no genera erosión en las paredes ni en el fondo del canal. Valores que superan dicho límite pueden modificar la rasante hidráulica y generar dificultades en el funcionamiento de las estructuras asociadas. Asimismo, los valores experimentales obtenidos por el autor muestran la relación entre el material del canal y la velocidad máxima recomendada, tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2

Velocidades máximas

Material	Velocidad máxima (m/s)
Tierra franca	0.60
Tierra arcillosa	0.90
Revestidos con piedra y mezcla simple	1.00
Mampostería de piedra y concreto	2.00
Revestido de concreto	3.00
Roca: Pizarra	1.25
Areniscas	1.50
Roca dura	3 a 5

Nota. Adaptado de *Hidráulica de canales*, por Villón Béjar (1995), Editorial Villón.

La Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) también presenta valores experimentales que establecen las velocidades mínimas y máximas de erosión en función del tipo de material o revestimiento del canal. Estos datos se sintetizan en la tabla siguiente.

Tabla 3*Máxima velocidad de erosión*

Revestimiento	Velocidad Mínima (m/s)	Velocidad Máxima (m/s)
Arena suelta muy ligera	0.30	0.45
Suelo arenoso	0.45	0.60
Suelo arenoso grueso	0.60	0.75
Tierra vegetal, suelo aluvial	0.75	0.85
Tierra vegetal arcillosa	0.90	1.15
Suelo arcilloso duro	1.30	1.50
Suelo con grava	1.50	1.80
Conglomerado	1.80	2.40
Roca sedimentaria suave	2.40	3.00
Roca dura	3.00	4.50
Concreto f'c 140 kg/cm ²	3.80	4.40
Concreto f'c 210 kg/cm ²	6.60	7.40

Nota. Adaptado de material de la Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica e Hidrología, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima, Perú.

En el diseño de tomas laterales u obras de alivio, las velocidades del flujo deben controlarse mediante pozas de regulación, con el fin de evitar turbulencias que generan perturbaciones hidráulicas que reduzcan la eficiencia del sistema. Asimismo, es fundamental que dichas velocidades se mantengan dentro de límites que aseguren un flujo uniforme y estable.

De acuerdo con Krochin Sviatoslav (1978), las velocidades máximas no erosivas en canales de hormigón aumentan en función del tirante del flujo y de la resistencia del material del revestimiento. En este contexto, los canales de mayor profundidad y contruidos con hormigones de alta resistencia pueden transportar

el agua a velocidades más elevadas sin riesgo de erosión. Este criterio resulta esencial para el dimensionamiento hidráulico de canales revestidos, ya que contribuye a garantizar la estabilidad estructural y una operación hidráulicamente segura.

Tabla 4

Velocidades máximas en ft/s en función de f'c y tirante

RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROFUNDIDAD DEL TIRANTE (m)				
	0.5	1	3	5	10
50	9.6	10.6	12.3	13	14.1
75	11.2	12.4	14.3	15.2	16.4
100	12.7	13.8	16	17	18.3
150	14	15.6	18	19.1	20.6
200	15.6	17.3	20	21.2	22.9

Nota. Fuente: Krochin, S. (1978). Diseño hidráulico. Editorial MIR.

Por tanto; las velocidades admisibles y máximas no erosivas dependen directamente del material del canal, la profundidad del flujo y la resistencia del revestimiento.

Tabla 5

Velocidades máximas en m/s en función de f'c y tirante

RESISTENCIA (kg/cm2)	PROFUNDIDAD DEL TIRANTE (m)				
	0.5	1	3	5	10
50	2.93	3.23	3.75	3.96	4.30
75	3.41	3.78	4.36	4.63	5.00
100	3.87	4.21	4.88	5.18	5.58
150	4.27	4.75	5.49	5.82	6.28
200	4.75	5.27	6.10	6.46	6.98

Nota. Fuente: Krochin, S. (1978). Diseño hidráulico. Editorial MIR.

En materiales naturales o sueltos, las velocidades deben mantenerse bajas para evitar erosión; mientras que en canales revestidos con concreto o roca, pueden admitirse velocidades considerablemente mayores.

2.2.8. Fórmula de Manning

La ecuación de Manning-Strickler es la más usada para calcular caudal y velocidad en canales abiertos:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

A: el área hidráulica.

R: el radio hidráulico

S: Pendiente del tramo (m/m.)

La selección correcta de “n” es determinante para evaluar pérdidas y proponer mejoras. (ANA, 2021).

2.2.9. Coeficiente de rugosidad

La rugosidad hidráulica se define como la resistencia que oponen las superficies de los canales artificiales al movimiento del agua, debido a las características del material de sus revestimientos, la irregularidad de las paredes y la presencia de imperfecciones o elementos que interfieren con el flujo. Esta resistencia se expresa a través del coeficiente de rugosidad de Manning (n), cuyo valor varía según el tipo de material y las condiciones de la superficie (Chow, 1959).

Tabla 6

Valores de coeficiente de rugosidad

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos			
B.2 No metal			
c. Concreto			
Terminado con frotacho metálica	0.011	0.013	0.015
Terminado con frotacho de madera	0.013	0.014	0.016
Pulido con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.02
Sin pulir	0.014	0.017	0.02

Nota. n = coeficiente de rugosidad de Manning. Fuente: Chow, V. T. (1988).

Hidráulica de canales abiertos. McGraw-Hill.

2.2.10. Eficiencia hidráulica

La eficiencia hidráulica en canales de riego se entiende como la relación entre el caudal de agua que llega a un punto de entrega y el caudal derivado inicialmente en la estructura de captación, expresada en porcentaje. Este indicador refleja las pérdidas de agua en el trayecto de conducción, debidas a infiltración, evaporación, azolvamiento, obstrucciones o deficiencias de mantenimiento.

De acuerdo con Villón Béjar (1995), en el libro Hidráulica de Canales, la eficiencia hidráulica es un parámetro esencial en el análisis y diseño de sistemas de riego, ya que condiciona el aprovechamiento del recurso hídrico y la productividad agrícola. Una alta eficiencia indica un uso racional del agua y un buen estado de la infraestructura; en cambio, valores bajos reflejan deficiencias estructurales o de operación que deben corregirse.

Un canal revestido debe superar eficiencias del 90%, mientras que los de tierra rara vez superan el 70% (FAO, 2012).

Tabla 7

Eficiencia hidráulica de conducción (%)

Longitud	Canales no Revestidos			Canales Revestidos
	Arena	Limo	Arcilla	
Largo (>2000m)	60%	70%	80%	95%
Mediano (200-2000m)	70%	75%	85%	95%
Corto (<200m)	80%	85%	90%	95%

Nota. Fuente: FAO (1989), p. 40.

Según la Autoridad Nacional del Agua (2016), sobre las eficiencias en la red de canales de distribución, afirma que, “la eficiencia de distribución del sistema tiene un valor aceptable representado por un 20% menor que el umbral, siendo el umbral el 100%” (p.13). Es decir, 80% ANA (2016).

La eficiencia hidráulica se expresa:

$$Efc = \frac{Q_e}{Q_c} \times 100$$

Donde:

Efc = Eficiencia de conducción en %

Qe = Caudal entregado en la parcela en m3/seg.

Qc= Caudal captado y conducido en m3/seg.

2.2.11. Pérdidas en conducción

Las principales pérdidas de agua en los canales de riego son:

- Infiltración: a través de suelos permeables o grietas.
- Evaporación: relevante en zonas áridas como Tacna.
- Fugas estructurales: en compuertas o juntas deterioradas.
- Azolvamiento y vegetación: que reducen la sección útil.
- Tomas clandestinas: que desvían caudales no controlados.
- Deterioro estructural: fracturas o deformaciones por cargas externas y/o hidráulicas

En Tacna y Moquegua, Velasque (2019) reportó pérdidas superiores al 30% en canales de tierra, concluyendo que la falta de revestimiento y mantenimiento oportuno afecta directamente la disponibilidad de agua.

2.2.12. Operación en canales

La operación de una red de canales en una zona de riego tiene como objetivo fundamental transportar y distribuir el agua desde las fuentes de abastecimiento hasta los puntos de entrega, de acuerdo con una demanda previamente establecida. Con ello se busca garantizar que el recurso hídrico llegue a los usuarios en la cantidad requerida y en el momento oportuno, respondiendo a las necesidades hídricas de los cultivos agrícolas (García Villanueva, 2016).

Este proceso de operación está directamente vinculado con el movimiento, control y comportamiento del agua dentro del sistema de canales. No se limita únicamente a conducir el recurso, sino que también implica regular su distribución, optimizando así el uso del agua disponible y asegurando la eficiencia global del sistema de riego.

Para lograr un manejo adecuado, en el canal de conducción se instala un aforador con su respectiva regla o escala de aforo en una sección representativa, lo que permite medir el caudal circulante en litros por segundo (l/s). Esta información es fundamental para controlar el recurso y tomar decisiones operativas.

La distribución del agua de riego está a cargo del comité de usuarios, en coordinación con el operario o sectorista de riego. Su función es organizar un reparto equitativo y eficiente, planificando la distribución en función de los sectores de riego, entendidos como conjuntos de parcelas agrupadas operativamente. La asignación de agua a cada sector depende del área a irrigar y de las necesidades hídricas de los cultivos, lo que define el tiempo de riego que corresponde a cada bloque de usuarios.

2.2.13. Mantenimiento de canales

El mantenimiento es esencial para conservar la eficiencia hidráulica. Incluye labores de limpieza de sedimentos, retiro de vegetación, reparación de

taludes, sellado de grietas y reposición de compuertas. La frecuencia debe ser anual o semestral según la magnitud del canal.

En Lambayeque, Carrasco & Gamonal (2022) evidenciaron que un sistema de riego con más de 30 años sin mantenimiento presentaba pérdidas críticas que afectaban a 207 usuarios. De igual manera, López Contreras (2020) en Cañete concluyó que el canal La Huerta requería revestimiento de concreto y un programa permanente de mantenimiento.

2.2.13.1. Frecuencia del mantenimiento:

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2015), el mantenimiento de los canales de conducción debe realizarse conforme a las siguientes directrices:

2.2.13.1.1. Frecuencia de limpieza:

Se recomienda realizar una limpieza al menos cuatro veces al año, al final de cada trimestre. Estas actividades deben coincidir con momentos clave como las épocas de siembra, cosecha o temporada de lluvias.

Los trabajos de mantenimiento son organizados y dirigidos por las juntas de usuarios, en colaboración con los regantes.

2.2.13.1.2. Eliminación de vegetación:

Es fundamental retirar cualquier tipo de maleza o vegetación que haya crecido desde el último mantenimiento, ya que estas pueden obstruir el flujo de agua.

2.2.13.1.3. Reparaciones:

Los daños en los canales de conducción y distribución deben ser reparados utilizando materiales financiados con los recursos recaudados de las tarifas de agua y las cuotas de riego establecidas en las asambleas de usuarios.

Los materiales más utilizados para estas reparaciones incluyen cemento, arena, cal y arcilla, dependiendo de las necesidades específicas.

Este esquema asegura la funcionalidad y sostenibilidad de los canales de riego, promoviendo un uso eficiente del recurso hídrico y evitando pérdidas por deterioro.

2.2.14. Método de la sección media

El método de la sección media es una técnica ampliamente reconocida para la medición del caudal en canales abiertos y cursos de agua, descrita de manera detallada en el Manual de Hidrometría del SENAMHI (Arboleda, Felipe & Yerrén, 2018). Su aplicación en el ámbito de la ingeniería hidráulica resulta fundamental para garantizar mediciones confiables de caudal, velocidad y tirante, parámetros esenciales en la evaluación de la eficiencia hidráulica del canal trapezoidal lateral "C".

2.2.14.1. Procedimiento

La idea central del método consiste en dividir la sección transversal del canal en varias verticales, en cada una de las cuales se miden la velocidad del flujo y la profundidad del agua. A partir de estos datos, se calcula el caudal parcial en cada subsección y, posteriormente, se suman para obtener el caudal total de la sección de aforo. De acuerdo con el manual, “se consideran tanto la velocidad media del flujo en cada vertical como la profundidad total y la distancia horizontal que las separa” (SENAMHI, 2018, p. 25).

Por ejemplo, si se tienen dos verticales consecutivos, con velocidades medias V_1 y V_2 , y profundidades d_1 y d_2 , separadas por una distancia horizontal B , el caudal parcial entre esas verticales se puede aproximar como:

$$q_{1-2} = \frac{v_1 + v_2}{2} * \frac{d_1 + d_2}{2} * B$$

Este procedimiento se repite para cada sub-tramo hasta abarcar toda la sección. La sumatoria de los q_{1-2} da el caudal total q de ese punto de aforo.

2.2.14.2. Criterios operativos

El manual también señala criterios para determinar cuántos puntos de medición deben usarse según la profundidad (D) de la sección:

- Si $D < 0.70$ m, se mide una sola velocidad a $0.6*D$.
- Si $D \geq 0.70$ m, se realizan mediciones a $0.2*D$ y $0.8*D$ para obtener una velocidad media más representativa. (SENAMHI, 2018, p. 30)

Esto permite reducir el error en la estimación de la velocidad media, que es crítica para calcular el caudal con precisión.

2.2.14.3. Correntómetro para cálculo de velocidad de flujo

La medición de la velocidad del flujo en canales abiertos constituye uno de los pasos fundamentales para la determinación del caudal y, en consecuencia, de la eficiencia hidráulica del sistema. De acuerdo con el Manual de Hidrometría del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2018), el instrumento más empleado para este propósito es el correntómetro, el cual permite obtener velocidades medias con alta precisión a partir de las revoluciones generadas por una hélice o rotor al ser accionado por la corriente de agua.

“El correntómetro funciona bajo el principio de que la velocidad de rotación de la hélice es proporcional a la velocidad del flujo del agua. Para cada instrumento se establece una ecuación de calibración que relaciona las revoluciones por segundo (n) con la velocidad real del flujo (V), generalmente expresada en metros por segundo (m/s).

Esta relación se expresa mediante la ecuación:”

$$V = a + b * n$$

Donde a y b son coeficientes obtenidos a partir de ensayos de calibración realizados en canales experimentales (SENAMHI, 2018, p. 28).

El SENAMHI señala que cada equipo debe ser calibrado con su propio cuerpo, hélice y lastre, garantizando que las lecturas sean representativas de las condiciones reales del flujo.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Aforo: Conjunto de operaciones destinadas a medir el caudal de agua en un canal o río. Puede realizarse mediante métodos directos, como el de la sección media o el del flotador, o indirectos, como las curvas de gasto. Es fundamental para determinar la eficiencia de conducción (SENAMHI, 2018).

Área hidráulica: Es la superficie utilizada por el fluido en cualquier sección transversal habitual.

Azolvar: El azolvamiento es la acumulación de sedimentos en el fondo o paredes del canal, reduciendo su sección hidráulica y su capacidad de conducción. Se origina por velocidades bajas o falta de mantenimiento (Villón Béjar, 1995).

Canal de riego: Infraestructura hidráulica destinada a conducir el agua desde una fuente de captación hasta las zonas agrícolas. Puede ser revestido (concreto, mampostería, piedra) o no revestido (tierra), y su eficiencia depende de su diseño, pendiente y mantenimiento (Chow, 1959).

Canal trapezoidal: Tipo de canal con sección transversal en forma de trapecio, compuesto por una base inferior, dos taludes laterales y una superficie libre. Es la geometría más empleada en sistemas de riego por su estabilidad y facilidad constructiva (Chow, 1959).

Caudal: Es la medida del agua fluida que circula por un determinado espacio en una determinada duración, correspondiente al volumen de agua, por unidad de tiempo (SENAMHI, 2018).

Caudal de Ingreso: Volumen de agua que entra al canal en la progresiva inicial. Constituye la base de comparación para calcular la eficiencia hidráulica del sistema (SENAMHI, 2018).

Caudal de Salida: Volumen de agua medido en la última progresiva del canal, después de las pérdidas ocurridas durante la conducción (SENAMHI, 2018).

Correntómetro: Instrumento hidrométrico de hélice utilizado para medir la velocidad del flujo en canales abiertos. Su funcionamiento se basa en la relación entre el número de revoluciones de la hélice y la velocidad real del agua, previa calibración del equipo (SENAMHI, 2018).

Descolmatación: Acción de mantenimiento que consiste en retirar sedimentos, material vegetal o residuos sólidos acumulados dentro del canal para restablecer su sección original y su capacidad de conducción (ANA, 2018).

Eficiencia de Conducción: Capacidad del canal para transportar el caudal sin pérdidas significativas por infiltración o fugas. Se expresa como un porcentaje y depende del revestimiento, rugosidad, pendiente y estado estructural (ANA, 2018).

Erosión: Desgaste progresivo de las paredes o del fondo del canal debido a la acción continua del agua, especialmente cuando la velocidad del flujo excede los límites permisibles (Chow, 1959).

Flujo gradualmente variado: Condición de flujo donde la profundidad del agua cambia lentamente a lo largo del canal, manteniendo la energía total casi constante entre secciones (Chow, 1959).

Flujo turbulento: Movimiento del agua caracterizado por trayectorias irregulares y mezcla intensa de partículas, lo que genera mayores pérdidas de energía por fricción (Krochin, 1978).

Infiltración: Pérdida de agua por filtración hacia el subsuelo, a través de las juntas o poros del revestimiento del canal. Es una de las principales causas de disminución de la eficiencia de conducción (Chow, 1959).

Mantenimiento de canales: Es el conjunto de acciones destinadas a conservar o restaurar el funcionamiento adecuado de un canal (Krochin, 1978).

Obras de arte: Estructuras complementarias del sistema de riego, como compuertas, vertederos o alcantarillas, destinadas a controlar, derivar o cruzar el flujo de agua (Chow, 1959).

Pendiente: Se determina como la inclinación de un elemento respecto de la horizontal.

Pérdidas de conducción: Reducción del caudal transportado entre el punto de ingreso y salida del canal, ocasionada por filtraciones, fugas o irregularidades estructurales (Krochin, 1978).

Pozas de regulación: Las pozas de regulación son estructuras que almacenan temporalmente el agua para controlar el caudal y mejorar la eficiencia en la distribución del riego, reduciendo impactos por variaciones súbitas del flujo (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2006).

Revestimiento: Capa impermeable (generalmente de concreto o piedra) aplicada a las paredes y fondo del canal para reducir las pérdidas por infiltración y erosión, y mejorar la eficiencia de conducción (Krochin, 1978).

Rugosidad: Resistencia al flujo que ejerce la superficie interna del canal. Se representa mediante el coeficiente de Manning (n) o el factor de fricción de Darcy-Weisbach (f) (Krochin, 1978).

Sedimentación: Depósito de partículas sólidas transportadas por el agua que se acumulan en el fondo del canal, reduciendo su capacidad de conducción (Chow, 1959).

Tirante: Profundidad del agua en el canal medida desde la superficie libre hasta el fondo. Es un parámetro fundamental para calcular el área hidráulica (Chow, 1959).

Toma lateral: La toma lateral es una estructura que deriva parte del caudal del canal principal hacia otro canal o hacia las parcelas agrícolas, permitiendo controlar y distribuir el agua de forma equitativa (MINAGRI, 2006).

Turbulencia: La turbulencia es un movimiento irregular del agua caracterizado por variaciones en velocidad y dirección. En los canales influye en la pérdida de energía, el transporte de sedimentos y la estabilidad del flujo (Chow, 1994; Montes, 1998).

Vegetación: La vegetación en los canales refleja el grado de mantenimiento realizado. Su presencia abundante indica falta de limpieza y menor capacidad hidráulica, mientras que su control evidencia prácticas adecuadas de conservación del cauce (Villón Béjar, 1995; U.S. Bureau of Reclamation, 2001).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación surge de la observación directa de la deficiencia hidráulica en los canales de riego de la localidad Casa Blanca. El objetivo es determinar la eficiencia hidráulica del canal trapezoidal lateral "C" mediante un procedimiento riguroso que combine datos de campo (caudales, tirantes, velocidades). Se aplicará un enfoque científico para abordar los problemas prácticos detectados y proponer soluciones fundamentadas.

Tipo de Investigación: aplicada.

Ya que el objetivo principal es resolver problemas prácticos en el canal trapezoidal lateral "C", a través de la evaluación y análisis de su eficiencia hidráulica, lo que contribuirá al mejoramiento del uso del recurso hídrico en la zona.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Nivel de Investigación: Descriptivo y Explicativo

Puesto que describiré el flujo de caudal, la magnitud de los tirantes y las velocidades en el canal, y explicarás cómo la infraestructura y las prácticas de mantenimiento afectan su eficiencia hidráulica.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño de investigación: No experimental, correlacional

Ya que no se realizarán intervenciones directas sobre el sistema durante el estudio, sino que se analizarán los datos de flujo, tirantes y mantenimiento. Además, se buscará correlacionar las condiciones del canal con su eficiencia hidráulica.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Población:

La infraestructura completa del canal trapezoidal lateral "C" que abarca desde el KM 0+000 al KM 3+247.20 incluyendo sus canales de derivación.

3.4.2. Muestra:

La muestra para esta investigación está conformada por el lateral C, con una longitud de 3247.20m.

3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo del trabajo se aplicaron diversas técnicas de recolección de información, tanto documental como de campo, con el propósito de obtener datos cuantitativos y cualitativos sobre el comportamiento hidráulico del canal y su estado actual. Estas técnicas fueron las siguientes:

3.5.1. Recopilación documental

Se realizó una revisión exhaustiva de investigaciones previas, repositorios académicos, expedientes técnicos y manuales especializados en sistemas de

riego. Esta recopilación documental permitió obtener información relevante sobre las características constructivas, parámetros hidráulicos y criterios de diseño del canal, sirviendo como base para el análisis comparativo y la interpretación de los resultados de campo.

3.5.2. Inspección de campo

Se efectuó una inspección visual sistemática a lo largo del tramo de estudio (3247,20 m), registrando información sobre:

- Longitud, secciones transversales y tipo de revestimiento.
- Estado de conservación, presencia de grietas, vegetación o erosión.
- Estado de las tomas laterales y sus compuertas.

Durante la inspección se elaboró un registro fotográfico de la infraestructura hidráulica.

3.5.3. Levantamiento topográfico

Con el uso de una estación total, se levantaron los puntos de control, cotas, pendientes y alineaciones del canal. Esto permitió elaborar secciones típicas y planos referenciales que facilitan el análisis hidráulico y la identificación de tramos críticos.

3.5.4. Aforo de caudales mediante el método de la sección media

El trabajo de campo representó una de las etapas más importantes de la investigación, ya que permitió obtener datos reales de velocidad y caudal del flujo

a lo largo del canal trapezoidal lateral "C". Para ello, se utilizó un correntómetro de hélice calibrado, aplicando los procedimientos establecidos en el Manual de Hidrometría del SENAMHI (2018), para garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones realizadas.

Antes de iniciar las mediciones en campo, se efectuó un levantamiento topográfico detallado del canal con el propósito de identificar con precisión las progresivas donde se realizarían los aforos y registrar la ubicación exacta de las tomas laterales y otros elementos hidráulicos existentes. La información recopilada permitió delimitar tramos representativos para la toma de datos y garantizar un control técnico preciso y ordenado durante el desarrollo de las actividades de campo.

En total se realizaron 327 lecturas de velocidad, correspondientes a 109 puntos de aforo, en cada uno de los cuales se efectuaron tres repeticiones para garantizar mayor precisión en los resultados. Las mediciones se desarrollaron tanto en la red de derivación como en 30 progresivas del canal lateral "C", abarcando desde la progresiva 0+000 hasta la 3+247,20. Los puntos de aforo fueron seleccionados estratégicamente en sectores con mayor probabilidad de pérdida de eficiencia, con el propósito de que los datos obtenidos reflejen de manera representativa las condiciones hidráulicas reales del flujo a lo largo del canal.

3.5.4.1. Procedimiento de medición

El desarrollo del trabajo de campo se realizó bajo condiciones de flujo estable, contando con un equipo técnico conformado por un operador de correntómetro, y un asistente de registro de datos. Las actividades se ejecutaron siguiendo un procedimiento metódico que garantizó la obtención de mediciones confiables, conforme se detalla a continuación:

a) Levantamiento y marcación de progresivas

Previamente, en gabinete, se establecieron las progresivas específicas en las que se realizarían los aforos, definiendo los puntos de control a evaluar durante el trabajo de campo.

b) Preparación de los formatos de campo

Se elaboraron fichas impresas para cada punto de aforo, en las cuales se consignaron los datos esenciales: progresiva, distancia al punto de medición, profundidad del flujo (tirante) y número de revoluciones del correntómetro. Además, cada registro fue acompañado de evidencia fotográfica que permitió documentar visualmente las condiciones del canal durante las mediciones.

Figura 3

Ficha de registro de aforo mediante el método de la sección media

CÁLCULO DE CUADRALES Y VELOCIDADES MEDIANTE AFORO CON EQUIPO CORRENTÓMETRO Y MÉTODO DE LA SECCIÓN MEDIA													
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN		DESCARGAS	
PTOS	DISTAL PTO (m)	PROFUNDIDAD (m)	PROFUND DE OBSERVACION	REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO (m/s)	VELOC EN SUPERF (m/s)	VEL MED EN EL TRAMO (m/s)	PROFUND MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
	m	m	método	m	s		m/s	m/s	m/s	m	m	m2	m3/s
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
												total	0.00

Nota. Elaboración Propia.

c) Calibración del correntómetro

Antes de iniciar las lecturas, se verificó la calibración del equipo, comprobando el funcionamiento de la hélice y la exactitud del contador de revoluciones. Esta verificación fue fundamental para asegurar la correspondencia entre las lecturas registradas y la velocidad real del flujo, garantizando así la confiabilidad de los resultados.

d) Ubicación en el punto de medición

En cada punto se determinó la distancia al punto, seguidamente, el tirante total del canal, midiendo desde la superficie libre del agua hasta el fondo con el uso de un flexómetro. Este valor permitió establecer la profundidad de inmersión del correntómetro y definir los niveles de observación adecuados en función de la profundidad total.

Figura 4

Medición de distancia al punto de aforo



Nota. Elaboración Propia.

e) Medición del tirante y profundidad efectiva (y)

El operador se posicionó en secciones del canal donde el flujo se mantuviera estable y sin turbulencias, evitando interferencias que pudieran alterar las mediciones. El correntómetro se colocó perpendicularmente a la dirección del flujo, iniciando las lecturas en el primer vertical definida dentro de la sección de control.

Seguidamente, se midió el tirante total del canal, tomando la distancia desde la superficie libre del agua hasta el fondo mediante un flexómetro. Este dato permitió determinar la profundidad de inmersión del correntómetro y definir los

niveles de observación más adecuados según la profundidad registrada en cada punto.

Figura 5

Aforo en segundo vertical



Nota. Elaboración Propia.

Nota. Se tomó registro de revoluciones en el segundo vertical a $0.6 \cdot D$ (profundidad equivalente a la velocidad media de la vertical), medida desde el pelo de agua.

f) Toma de lecturas de velocidad

Las mediciones de velocidad se realizaron según la profundidad del flujo, aplicando los criterios establecidos por el Manual de Hidrometría del SENAMHI (2018):

- Para profundidades menores a 0.70 m, se efectuó una lectura a $0.6 \cdot D$ desde la superficie del agua, que representa la velocidad media de la vertical.
- Para profundidades iguales o mayores a 0.70 m, se tomaron dos lecturas, a $0.2 \cdot D$ y $0.8 \cdot D$, calculando el promedio aritmético de ambas para obtener la velocidad media representativa.

Cada lectura tuvo una duración de 30 segundos, tiempo en el cual se registraron las revoluciones de la hélice. Las mediciones se repitieron tres veces por punto para reducir posibles errores instrumentales y obtener valores más precisos.

g) Repetición del procedimiento a lo largo del canal

Este procedimiento se aplicó en todas las progresivas definidas del canal lateral "C". Se realizaron mediciones estratégicas antes y después de cada compuerta y en los tramos donde se identificaron posibles pérdidas de caudal, con el fin de analizar el comportamiento hidráulico y determinar los sectores donde la eficiencia podría verse afectada.

3.6. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Para garantizar precisión y confiabilidad en la toma de datos, se utilizaron instrumentos certificados y software de procesamiento técnico.

Tabla 8*Instrumentos de investigación*

Tipo de instrumento	Descripción y uso técnico	Aplicación en la investigación
Correntómetro	Instrumento hidrométrico de hélice utilizado para medir la velocidad del flujo mediante el conteo de revoluciones por segundo, permitiendo calcular velocidades.	Determinación de la velocidad del flujo.
Flexómetro	Instrumento de medición empleado para la medición de tirantes y longitudes menores durante los aforos.	Obtención de la profundidad efectiva del flujo (tirante) y control dimensional en los puntos de aforo.
Estación total	Equipo topográfico electrónico que mide ángulos y distancias con alta precisión, permitiendo determinar progresivas, pendientes y cotas del canal.	Elaboración de perfiles longitudinales, así como la identificación de tramos representativos y puntos críticos del canal.
Cámara fotográfica	Dispositivo óptico utilizado para registrar evidencia visual del estado físico del canal, las tomas laterales y sus compuertas.	Apoyo al análisis cualitativo de la infraestructura hidráulica y documentación del estado actual del canal.
Software AutoCAD Civil 3D	Herramienta de diseño asistido por computadora que permite procesar levantamientos topográficos y generar planos, secciones típicas y perfiles longitudinales.	Representación gráfica de la geometría del canal y apoyo en la selección de puntos estratégicos de aforo.
Microsoft Excel	Programa informático utilizado para el procesamiento y análisis de datos numéricos, aplicando fórmulas hidráulicas y generando tablas y gráficos comparativos.	Procesamiento de resultados, cálculo de caudales y eficiencia hidráulica, y elaboración de tablas y gráficos estadísticos.

Nota. Elaboración propia.

3.7. RESUMEN DE TECNICAS E INSTRUMENTOS

Tabla 9

Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumento	Aplicación en la investigación
Recopilación documental	Investigaciones previas, expedientes técnicos y manuales especializados en sistemas de riego.	Obtención de características hidráulicas y de diseño del canal, como base para el análisis e interpretación de los resultados de campo.
Inspección de campo	Cámara fotográfica, flexómetro.	Registro visual y descriptivo del estado actual del canal.
Levantamiento topográfico	Estación total y AutoCAD Civil 3D	Determinación precisa de perfiles longitudinales, progresivas, cotas y pendientes.
Aforo por método de sección media	Correntómetro calibrado	Medición de velocidades y tirantes del flujo en secciones representativas del canal
Análisis de datos	Microsoft Excel	Procesamiento de los resultados y cálculo de la eficiencia hidráulica.

Nota. Elaboración propia.

3.8. PROCEDIMIENTOS

Los procedimientos metodológicos se estructuraron en tres etapas principales: recolección de datos, procesamiento técnico y análisis de resultados.

3.8.1. ETAPA I: Recolección de datos

- Se realizó la búsqueda documental en investigaciones y/o repositorios de instituciones con temas relacionadas a la infraestructura hidráulica.
- Se realizó un registro fotográfico del estado actual del canal, con el propósito de evaluar cualitativamente su eficiencia en la conducción del flujo.

- Se efectuó un levantamiento topográfico para determinar los puntos críticos para realizar el aforo; además de la elaboración de perfiles longitudinales, pendientes y secciones del canal.
- En el trabajo de campo se realizaron los aforos de caudal mediante el método de la sección media, registrando en cada progresiva la distancia al punto de medición, la profundidad del flujo y el número de revoluciones del correntómetro.

3.8.2. ETAPA II: Procesamiento técnico

- Los datos obtenidos fueron organizados en hojas de cálculo.
- Se aplicaron fórmulas hidráulicas para calcular los caudales en cada tramo y las pérdidas de flujo.
- Se determinaron los caudales promedio de ingreso (Q_e) y salida (Q_s), y posteriormente la eficiencia hidráulica.
- Se correlacionaron los resultados hidráulicos con las condiciones estructurales observadas en campo.

3.8.3. ETAPA III: Análisis y presentación de resultados

- Se procesaron los datos mediante Microsoft Excel, generando tablas y gráficos comparativos.
- Se elaboraron planos de detalle y secciones típicas con AutoCAD.
- Se identificaron las zonas críticas de pérdida de caudal y se formularon propuestas de mantenimiento y mejora hidráulica del canal.

3.9. CONSIDERACIONES DE CALIDAD Y PRECISIÓN

Para garantizar la validez de las mediciones y resultados:

- Se verificó la calibración del correntómetro antes de cada jornada de aforo.
- Se efectuaron tres repeticiones por cada punto aforado; para garantizar mayor precisión en los resultados y minimizar errores instrumentales.
- Los datos se contrastaron con los procedimientos establecidos en el Manual de Hidrometría del SENAMHI (2018).

3.10. RESULTADOS ESPERADOS

Con la aplicación de esta metodología se espera:

- Determinar con precisión la eficiencia hidráulica del canal trapezoidal lateral "C".
- Identificar los factores de pérdida de caudal y su relación con las condiciones estructurales.
- Proponer acciones técnicas de mantenimiento y rehabilitación que mejoren la capacidad hidráulica y prolonguen la vida útil de la infraestructura.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. ESTADO SITUACIONAL

Durante la presente, se llevará a cabo una evaluación profunda de la situación actual del canal de riego Lateral "C". Se tomarán puntos clave como la ubicación geográfica, accesibilidad a través de medios de transporte, levantamiento topográfico y resultados de los aforos realizados. La recopilación de estos resultados facilitará el entendimiento del estado del canal, para futuras mediciones y/o análisis de la eficiencia hidráulica.

4.1.1. Ubicación

La zona correspondiente al a presente investigación se encuentra ubicado en el distrito de Ite, a 175.00 m.s.n.m. aproximadamente la zona se caracteriza por su clima templado.

4.1.1.1. Ubicación Política

La región Tacna está ubicado geográficamente al sur del Perú, junto al Océano Pacífico. Limita al norte con la Moquegua y Puno; al sur con Chile; al este con Bolivia y Chile; al oeste con el Mar de Grau.

El distrito de Ite está ubicado en la parte oeste de la provincia de Jorge Basadre. Limita por el Norte con la provincia de Ilo, y por el Este con el distrito de Locumba, Oeste con el Océano Pacífico y Sur limitan con el Distrito de Sama las Yaras.

- Departamento: TACNA
- Provincia: JORGE BASADRE
- Distrito: ITE
- Localidad: CASA BLANCA

4.1.1.2. Ubicación Geográfica

- Datum: WGS 84
- Zona: 19 SUR

Coordenadas UTM Inicio:

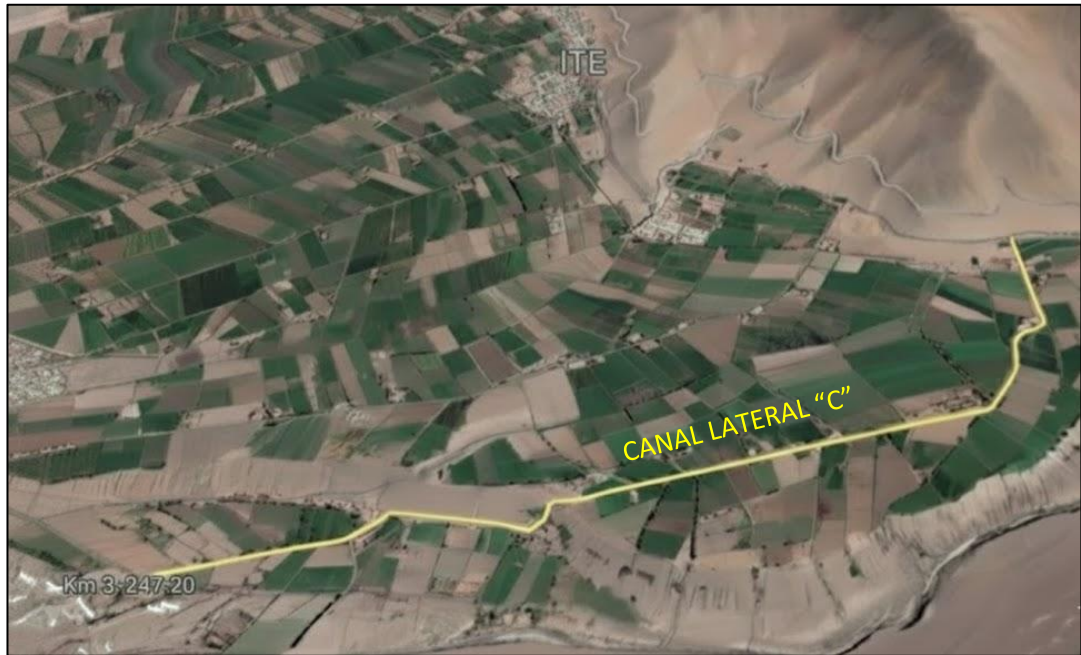
- Este: 293507.3032
- Norte: 8024631.9661

Coordenadas UTM Final:

- Este: 292822.8342
- Norte: 8021906.5213

Figura 6

Ubicación del Canal Lateral "C"



Nota. Imagen obtenida de Google Earth (2024).

4.1.2. Acceso

Las vías de acceso se muestran a continuación:

Tabla 10

Vías de acceso

DESCRIPCIÓN	Km	TIEMPO	TIPO DE VÍA	ESTADO DE LA VÍA	OBSERVACIONES
TACNA – ITE (PANAMERICANA)	120	1.20 Horas	Carretera Asfaltada	Buena	Vía de carretera Panamericana
TACNA – ITE COSTANERA	100	1.00 Hora	Carretera Asfaltada	Buena	Vía de carretera Costanera
MOQUEGUA - ILO - ITE	50	0.50 Horas (30 min.)	Carretera Asfaltada	Buena	Vía a Costanera

Nota. Elaboración propia.

4.1.3. Estudios topográficos

Los suelos del distrito de Ite tienen una topografía llana - ondulado, con relieve determinado por pendientes plana o casi plana.

El canal de riego Lateral “C” posee una topografía variable, caracterizada por pendientes que oscilan entre el 0,22 % y el 65,16 %, lo que la clasifica como moderada a abrupta. Durante el levantamiento topográfico realizado en el Lateral “C”, desde la progresiva 0+000.00 hasta el 3+247.20, se registraron tanto las pendientes mínimas como máximas. La mayor pendiente, alcanzando un 65,16 %, se observó en una sección descendente con una longitud de 15,44 metros. Por otro lado, la pendiente más baja, apenas un 0,22 %, se encontró en una sección ascendente con una longitud total de 82,41 metros.

Además, este levantamiento permitió identificar el número total de tomas laterales en el Lateral “C”, contabilizando un total de 30.

Tabla 11

Registro de tomas laterales y sus compuertas

N° DE TOMA LATERAL	TOMAS LATERALES - PROGRESIVA	COMPUERTAS	N° DE TOMA LATERAL	TOMAS LATERALES - PROGRESIVA	COMPUERTAS
1	0+000.00	1	16	1+655.00	2
2	0+002.81	2	17	1+696.75	2
3	0+144.31	3	18	1+731.91	2
4	0+322.10	2	19	1+838.21	2
5	0+496.91	2	20	2+139.91	2
6	0+818.02	2	21	2+417.14	2
7	1+049.36	2	22	2+587.68	2
8	1+137.44	2	23	2+651.93	2
9	1+213.12	2	24	2+705.10	2
10	1+226.39	2	25	2+771.41	2
11	1+296.94	2	26	2+889.72	2
12	1+338.13	2	27	2+911.57	2
13	1+441.80	2	28	3+127.67	2
14	1+510.73	2	29	3+224.20	2
15	1+571.72	2	30	3+247.20	2

Nota. Elaboración propia.

4.1.4. Ecuación de Velocidad

La ecuación de velocidad es específica del correntómetro utilizado, ya que, según su certificado de calibración, permite ajustar la velocidad del flujo en función del número de revoluciones registradas por el equipo durante un intervalo de 30 segundos, obteniéndose la siguiente relación:

Tabla 12

Ecuación de calibración del correntómetro empleado

RANGO DE N [1/SEG]	ECUACIÓN DE CALIBRACIÓN (V = M/S)
0,00 < n < 1,34	$V = 0,0058 + 0,2569 * n$
1,34 < n < 3,95	$V = 0,0168 + 0,2487 * n$
3,95 < n < 10	$V = -0,0069 + 0,2547 * n$

Nota. Datos obtenidos mediante certificado de calibración del instrumento.

4.2. RESULTADO DEL AFORO: TIRANTES, VELOCIDAD Y CAUDALES

La Tabla 13 presenta la ubicación de los 31 aforos ejecutados a lo largo del lateral “C”, iniciando en la red de derivación y continuando desde la progresiva 0+000.00 hasta la 3+240.00. La selección de estos puntos permitió cubrir tramos representativos del canal, especialmente antes y después de compuertas, derivaciones y zonas donde se identificaron posibles pérdidas de caudal.

Esta distribución facilita la interpretación de los resultados hidráulicos presentados posteriormente, en los cuales se analizan los tirantes, velocidades y caudales obtenidos en cada progresiva evaluada.

Tabla 13*Ubicación de aforos - progresivas*

Nº AFORO	UBICACIÓN	Nº AFORO	UBICACIÓN
1	RED - DERIVACIÓN		
2	0+000.00	17	1+646.00
3	0+144.00	18	1+664.00
4	0+150.00	19	1+829.00
5	0+305.00	20	1+847.00
6	0+330.00	21	2+130.00
7	0+490.00	22	2+148.00
8	0+508.00	23	2+408.00
9	0+810.00	24	2+426.00
10	0+828.00	25	2+642.00
11	1+040.00	26	2+660.00
12	1+055.00	27	2+880.00
13	1+204.00	28	2+897.00
14	1+222.00	29	3+118.00
15	1+432.00	30	3+136.00
16	1+450.00	31	3+240.00

Nota. Elaboración propia.

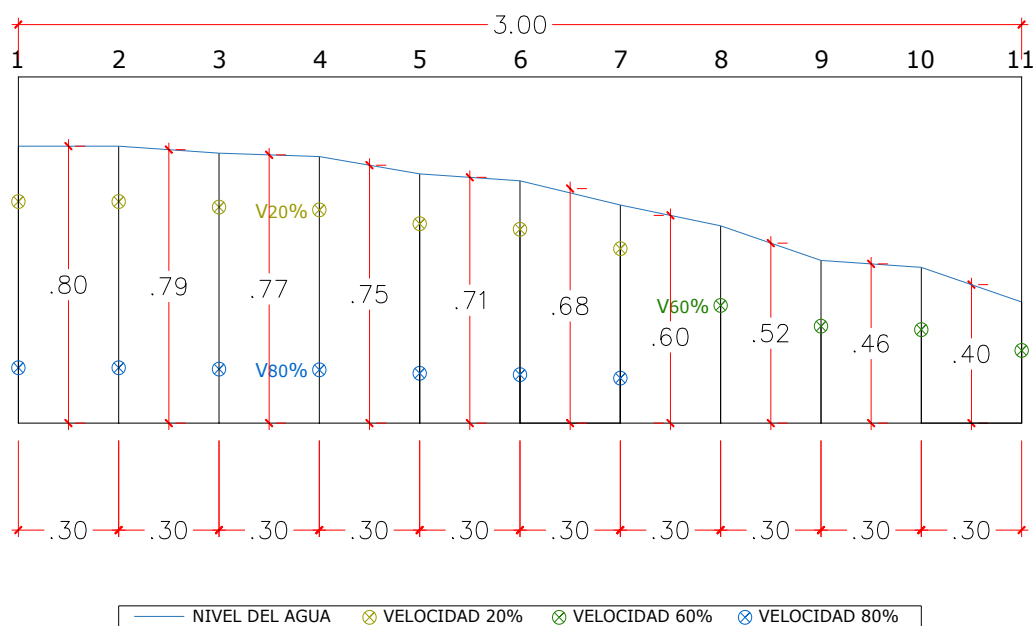
Para este aforo se realizaron mediciones en los puntos 11 al 1 a lo largo de la sección transversal del canal según se aprecia en la figura 11. En cada punto se registró el número de revoluciones del correntómetro, a partir del cual se calcularon la velocidad media, el tirante, el área hidráulica y el caudal parcial correspondiente

La Figura 7 correspondiente al Aforo N°01 muestra la distribución transversal del flujo en el canal de derivación, con lecturas tomadas a distintos

niveles del tirante (20 %, 60 % y 80 %), permitiendo visualizar la variación vertical de la velocidad y la geometría efectiva de la sección.

Figura 7

Sección de canal principal - derivación



Nota. Elaboración propia.

En cuanto a los resultados del aforo, la tabla 13 presenta las mediciones realizadas en once verticales, donde se registraron velocidades medias entre 0.121 m/s y 1.339 m/s, tirantes entre 0.40 y 0.80 m, y áreas hidráulicas entre 0.120m² y 0.240 m². Los caudales parciales obtenidos en cada punto generan un caudal total de 1.580 m³/s. Este aforo representa el caudal de ingreso disponible antes de la derivación hacia el lateral “C”.

Tabla 14

Resultados de aforo N°01: Medición de velocidad, profundidad y caudal en el canal de primer orden - derivación

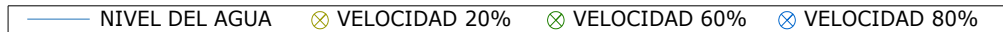
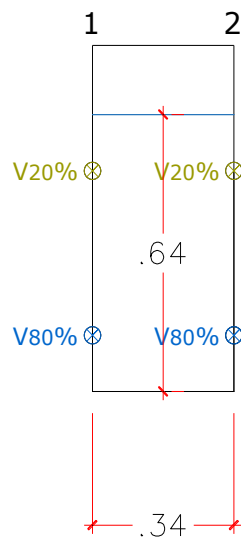
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
11	0.40				
10	0.50	0.121	0.400	0.120	0.015
9	0.40	0.121	0.460	0.138	0.017
8	0.53	0.126	0.520	0.156	0.020
7	2.20	0.360	0.600	0.180	0.065
7	2.30				
6	2.77	0.639	0.665	0.200	0.127
6	2.73				
5	3.73	0.863	0.710	0.213	0.184
5	4.37				
4	4.93	1.137	0.745	0.224	0.254
4	4.93				
3	5.90	1.337	0.775	0.233	0.311
3	5.33				
2	4.93	1.339	0.790	0.237	0.317
2	4.97				
1	4.23	1.127	0.800	0.240	0.270
1	3.67				
					1.580

Nota. Elaboración propia.

La figura 8 correspondiente al Aforo N°02 representa la sección hidráulica evaluada en la progresiva 0+000.00, punto donde el caudal proveniente del canal de derivación ingresa al lateral "C". En ella se observa la distribución de velocidades en los niveles característicos del método de la sección media (20 % y 80 % del tirante).

Figura 8

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+000.00



Nota. Elaboración Propia

En cuanto a los resultados, la tabla presenta las mediciones realizadas en dos verticales, incluyendo 3 repeticiones de lecturas por punto; para verificar la consistencia del correntómetro. Con los valores registrados se obtuvo una velocidad media de 1,037 m/s, un tirante de 0,640 m y un área hidráulica de 0,218 m², lo que permitió calcular un caudal total de 0,226 m³/s.

Tabla 15

Resultados de aforo N°02: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+000.00

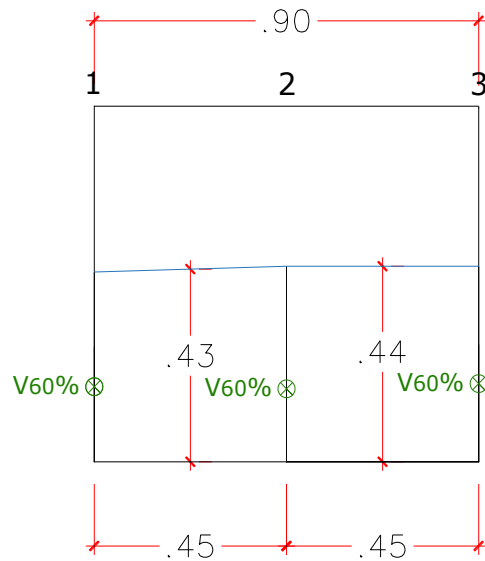
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.92				
1'	4.28				
2	3.92				
2'	4.28	1.037	0.640	0.218	0.226
					0.226

Nota. Elaboración propia.

La figura correspondiente al Aforo N°03 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 0+144.00, donde se representa el ancho de solera, la profundidad media del flujo y la ubicación del correntómetro empleada para la medición de velocidades. Asimismo, se observan los puntos de lectura utilizados conforme al método de la sección media, destacando las velocidades registradas al 60 % del tirante, nivel que corresponde a la velocidad representativa en canales con profundidades menores a 0,70 m.

Figura 9

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+144.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados, la tabla presenta las mediciones realizadas en tres verticales, obteniéndose velocidades medias entre 0,564 y 0,567 m/s, tirantes entre 0,435 y 0,440 m, y áreas hidráulicas entre 0,195 y 0,198 m². Estos valores permitieron calcular un caudal total de 0,222 m³/s, reflejando un flujo estable y sin variaciones significativas entre las verticales.

Tabla 16

Resultados de aforo N°03: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+144.00

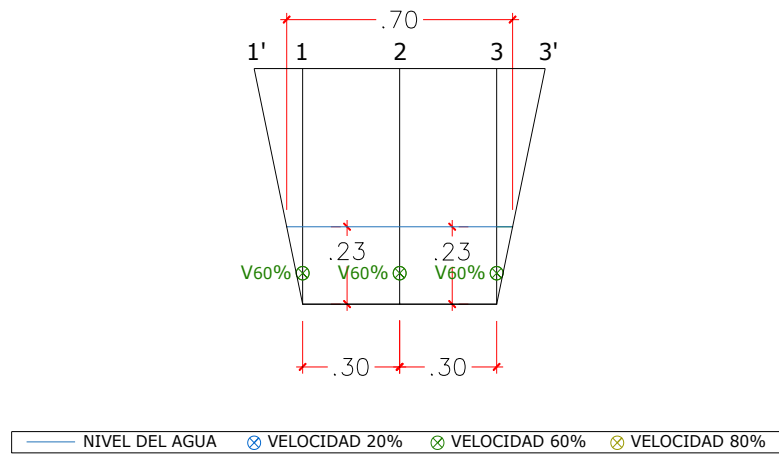
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	2.21				
2	2.21	0.567	0.435	0.195	0.111
3	2.17	0.564	0.440	0.198	0.112
					0.222

Nota. Elaboración propia.

La figura correspondiente al Aforo N°04 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 0+150.00, donde se aprecia la profundidad media del flujo, el ancho de solera, así como la ubicación del correntómetro utilizado para registrar las velocidades en los niveles establecidos por el método de la sección media. En este tramo, las mediciones se realizaron al 60 % del tirante, dado que la profundidad registrada es menor a 0,70 m.

Figura 10

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+150.00



Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados, la tabla muestra las mediciones realizadas en tres verticales. Las velocidades medias obtenidas se ubicaron entre 1,465 y 1,486 m/s, con tirantes constantes de 0,230 m y áreas hidráulicas de 0,075 m² por vertical. Con estos parámetros, el caudal total determinado fue de 0,221 m³/s para esta sección.

Tabla 17

Resultados de aforo N°04: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+150.00

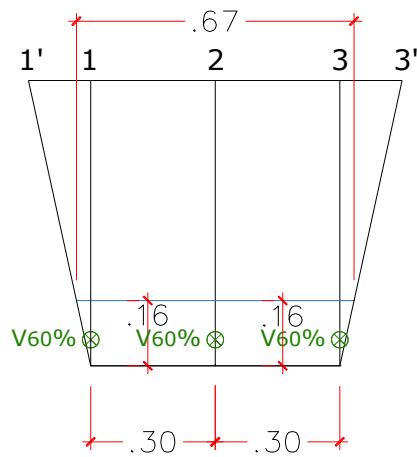
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	5.90				
2	5.82	1.486	0.230	0.075	0.111
3	5.73	1.465	0.230	0.075	0.110
					0.221

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°05 representa la sección hidráulica evaluada en la progresiva 0+305.00, donde se aprecia la profundidad media del flujo, el ancho de solera y la posición del correntómetro en cada vertical utilizada para el registro de velocidades. Dado que la profundidad medida fue menor a 0,70 m, las velocidades se determinaron aplicando el método de la sección media a un solo nivel, registrándose a un 60 % del tirante. La figura muestra un flujo uniforme y una geometría transversal estable en esta parte del canal.

Figura 11

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+305.00



	NIVEL DEL AGUA		VELOCIDAD 20%		VELOCIDAD 60%		VELOCIDAD 80%
--	----------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------

Nota. Elaboración Propia.

Respecto a los resultados, la tabla presenta las mediciones en tres verticales, obteniéndose velocidades medias entre 2.109 y 2.123 m/s, con un tirante constante de 0.160 m y un área hidráulica de 0.051 m² por vertical. A partir de estas mediciones se determinó un caudal total de 0.216 m³/s en esta sección del lateral "C".

Tabla 18

Resultados de aforo N°05: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+305.00

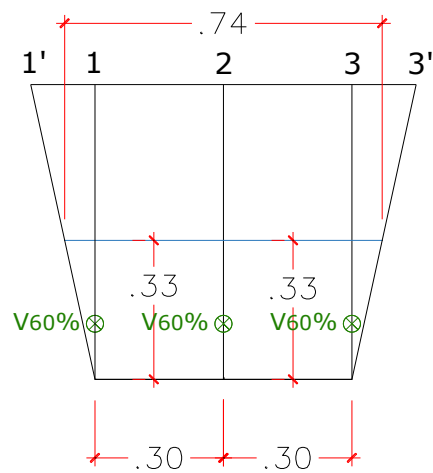
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	8.29				
2	8.43	2.123	0.160	0.051	0.108
3	8.18	2.109	0.160	0.051	0.108
					0.216

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°06 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 0+330.00, en la cual se observa la profundidad media del flujo, el ancho de solera y la posición del correntómetro en cada vertical utilizada para las mediciones. Debido a que la profundidad en esta sección es menor a 0.70 m, las velocidades se determinaron aplicando el método de la sección media a un solo punto, registrándose a un 60 % del tirante.

Figura 12

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+330.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados, la tabla 19 presenta las mediciones realizadas en tres verticales, donde se registraron velocidades medias entre 0.966 y 0.974 m/s, con un tirante constante de 0.330 m y un área hidráulica de 0.111 m² en cada vertical. A partir de estos valores se obtuvo un caudal total de 0.215 m³/s en esta sección del lateral.

Tabla 19

Resultados de aforo N°06: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+330.00

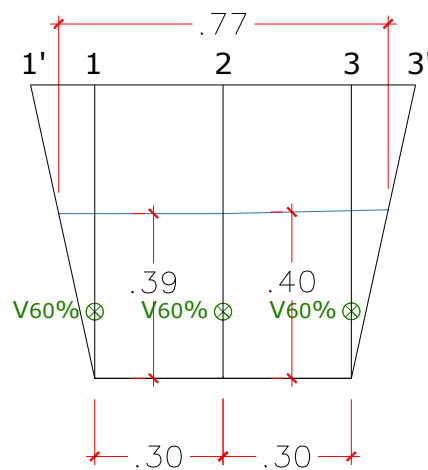
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.86				
2	3.84	0.974	0.330	0.111	0.108
3	3.79	0.966	0.330	0.111	0.107
					0.215

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°07 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 0+490.00, donde se identifican la profundidad media del flujo, el ancho de solera del canal y la ubicación del correntómetro en los tres verticales utilizados para la medición. Dado que la profundidad registrada es menor a 0,70 m, las velocidades fueron determinadas aplicando el método de la sección media a un solo nivel, registrándose valores al 60 % del tirante.

Figura 13

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+490.00



	NIVEL DEL AGUA		VELOCIDAD 20%		VELOCIDAD 60%		VELOCIDAD 80%
--	----------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------

Nota. Elaboración Propia.

En relación con los resultados, la tabla presenta las mediciones efectuadas en tres verticales, con velocidades medias entre 0,775 y 0,785 m/s, tirantes entre 0,390 y 0,395 m, y áreas hidráulicas de 0,134 a 0,136 m². Con estos parámetros se obtuvo un caudal total de 0,211 m³/s para esta sección del lateral "C".

Tabla 20

Resultados de aforo N°07: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+490.00

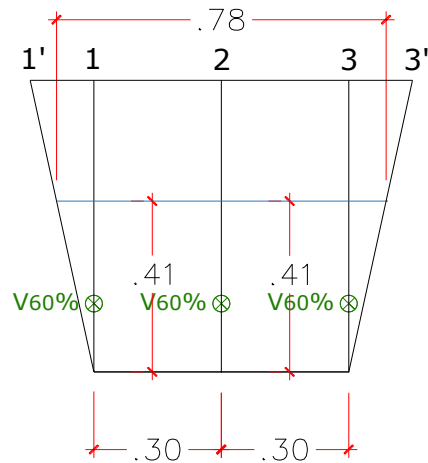
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m ²)	CAUDAL (m ³ /s)
1	3.02				
2	3.08	0.775	0.390	0.134	0.104
3	3.10	0.785	0.395	0.136	0.107
					0.211

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°08 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 0+508.00, donde se distinguen la profundidad media del flujo, el ancho de solera del canal, y la ubicación del correntómetro en cada una de las verticales empleadas para las mediciones. Debido a que el tirante en esta sección es menor a 0,70 m, las velocidades fueron determinadas aplicando el método de la sección media a un punto, registrándose a un 60 % del tirante.

Figura 14

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+508.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados, la tabla presenta velocidades medias entre 0,738 y 0,753 m/s, con un tirante constante de 0,410 m y un área hidráulica de 0,141 m² por vertical. Con estos parámetros se obtuvo un caudal total de 0,210 m³/s para esta sección del lateral "C".

Tabla 21

Resultados de aforo N°08: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+508.00

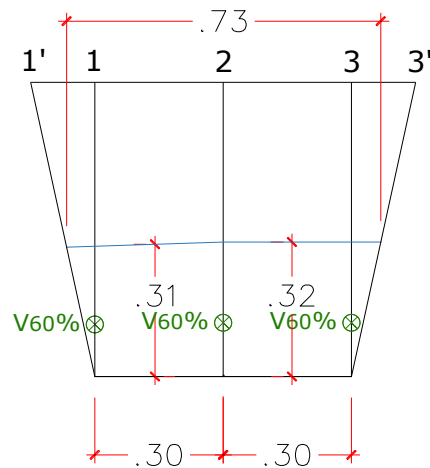
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	2.88				
2	2.92	0.738	0.410	0.141	0.104
3	3.00	0.753	0.410	0.141	0.106
					0.210

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°09 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 0+810.00, donde se identifican la profundidad media del flujo, el ancho de solera del canal, y la ubicación del correntómetro en las verticales empleadas para las mediciones. Dado que el tirante registrado es menor a 0,70 m, las velocidades se determinaron aplicando el método de la sección media a un nivel, registrándose a un 60 % del tirante.

Figura 15

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+810.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados, la tabla presenta velocidades medias entre 0,958 y 0,965 m/s, con tirantes entre 0,315 y 0,320 m, y áreas hidráulicas de 0,105 a 0,107 m². Con estos valores se obtuvo un caudal total de 0,204 m³/s para esta sección del lateral "C".

Tabla 22

Resultados de aforo N°09: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+810.00

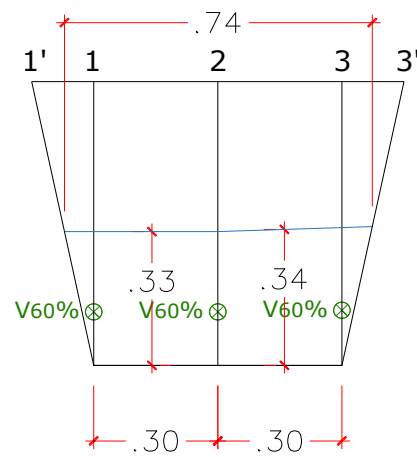
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.83				
2	3.79	0.965	0.315	0.105	0.101
3	3.78	0.958	0.320	0.107	0.102
					0.204

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°10 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 0+825.00, donde se aprecia la profundidad media del flujo, el ancho de solera del canal y la ubicación del correntómetro empleada en cada vertical para la medición de velocidades. Al tratarse de un tirante menor a 0,70 m, las velocidades fueron obtenidas aplicando el método de la sección media a un solo punto, registrándose al 60 % del tirante.

Figura 16

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 0+825.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

En relación con los resultados, la tabla presenta velocidades medias entre 0,878 y 0,922 m/s, tirantes entre 0,330 y 0,335 m, y áreas hidráulicas entre 0,111 y 0,113 m². A partir de estos parámetros se obtuvo un caudal total de 0,202 m³/s en esta sección del lateral "C".

Tabla 23

Resultados de aforo N°10: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 0+825.00

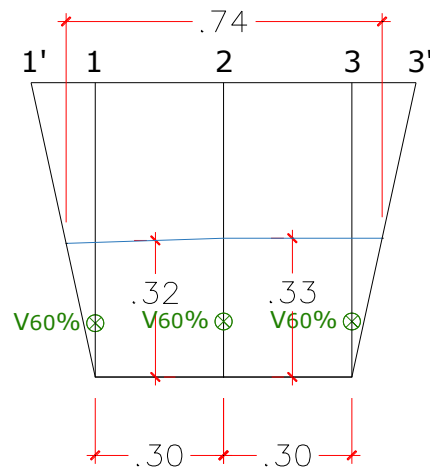
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.44				
2	3.48	0.878	0.330	0.111	0.097
3	3.80	0.922	0.335	0.113	0.104
					0.202





Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°11 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 1+041.00, donde se distingue la profundidad media del flujo, el ancho de solera del canal y la ubicación del correntómetro en cada una de las verticales de medición. Dado que el tirante es menor a 0,70 m, las velocidades fueron registradas siguiendo el método de la sección media a un solo punto, ubicando el correntómetro al 60 % del tirante.

Figura 17

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+041.00



	NIVEL DEL AGUA		VELOCIDAD 20%		VELOCIDAD 60%		VELOCIDAD 80%
---	----------------	---	---------------	---	---------------	---	---------------

Nota. Elaboración Propia.

Respecto a los resultados, la tabla muestra velocidades medias entre 0,896 y 0,898 m/s, tirantes entre 0,325 y 0,330 m, y áreas hidráulicas entre 0,108 y 0,111 m². Estas mediciones permitieron determinar un caudal total de 0.196 m³/s para esta sección del lateral "C".

Tabla 24

Resultados de aforo N°11: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+041.00

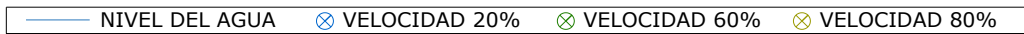
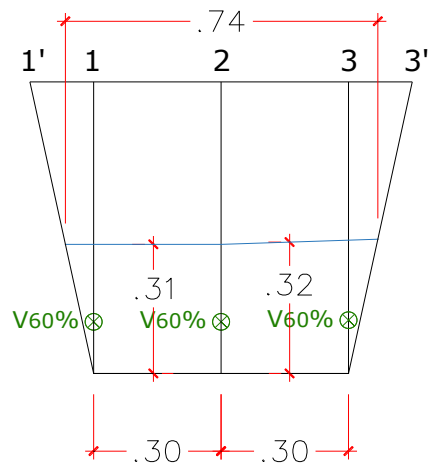
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.53				
2	3.53	0.896	0.325	0.108	0.097
3	3.56	0.898	0.330	0.111	0.100
					0.196

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°12 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 1+058.00, donde se identifican claramente la profundidad media del flujo, el ancho de solera del canal y la ubicación del correntómetro en cada vertical de medición. Debido a que el tirante registrado es menor a 0,70 m, las velocidades fueron determinadas aplicando el método de la sección media a un solo punto, ubicando el correntómetro al 60 % del tirante.

Figura 18

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+058.00



Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados, la tabla muestra velocidades medias entre 0,923 y 0,943 m/s, tirantes entre 0,310 y 0,315 m, y áreas hidráulicas entre 0,103 y 0,106 m². Estos valores permitieron calcular un caudal total de 0,195 m³/s en esta sección del lateral "C".

Tabla 25

Resultados de aforo N°12: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+058.00

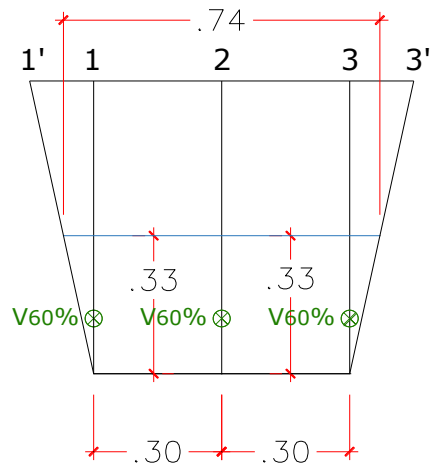
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.62				
2	3.67	0.923	0.310	0.103	0.095
3	3.78	0.943	0.315	0.106	0.100
					0.195

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°13 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 1+204.00, donde se distinguen la profundidad media del flujo, el ancho de solera y la ubicación del correntómetro en cada una de las verticales empleadas para la medición. Debido a que el tirante es menor a 0,70 m, la velocidad se determinó mediante el método de la sección media a un solo punto, ubicando el correntómetro al 60 % del tirante.

Figura 19

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+204.00



	NIVEL DEL AGUA		VELOCIDAD 20%		VELOCIDAD 60%		VELOCIDAD 80%
--	----------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------

Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados, la tabla registra velocidades medias entre 0,864 y 0,872 m/s, tirantes de 0,330 m, y áreas hidráulicas de 0,111 m² en ambas verticales. A partir de estos valores se obtuvo un caudal total de 0,193 m³/s en esta sección del lateral "C".

Tabla 26

Resultados de aforo N°13: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+204.00

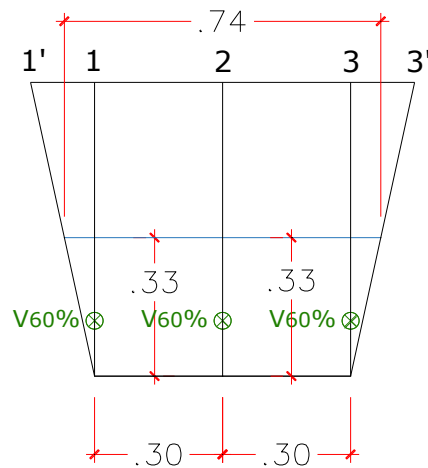
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.37				
2	3.44	0.864	0.330	0.111	0.096
3	3.43	0.872	0.330	0.111	0.097
					0.193

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°14 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 1+222.00, donde se distinguen la profundidad media del flujo, el ancho de solera del canal y la ubicación del correntómetro en las verticales de medición. Debido a que el tirante es menor a 0,70 m, las velocidades fueron obtenidas mediante el método de la sección media a un solo punto, ubicando el correntómetro al 60 % del tirante.

Figura 20

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+222.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados hidráulicos, la tabla presenta velocidades medias entre 0,861 y 0,867 m/s, un tirante constante de 0,330 m, y un área hidráulica de 0,111 m² en ambas verticales. Con estos valores se obtuvo un caudal total de 0,192 m³/s, consistente con la tendencia decreciente observada en los aforos anteriores a lo largo del lateral "C".

Tabla 27

Resultados de aforo N°14: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+222.00

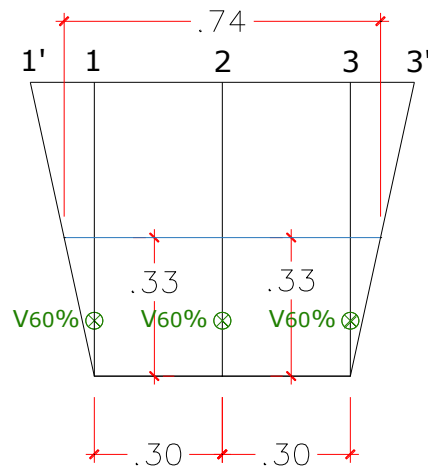
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.36				
2	3.43	0.861	0.330	0.111	0.096
3	3.40	0.867	0.330	0.111	0.096
					0.192

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°15 presenta la sección hidráulica evaluada en la progresiva 1+432.00, donde se distingue la profundidad media del flujo, el ancho de solera del canal, así como la ubicación del correntómetro en las verticales empleadas para la medición. Dado que el tirante registrado es menor a 0,70 m, la medición de velocidades se efectuó mediante el método de la sección media a un único punto, ubicando el correntómetro al 60 % del tirante.

Figura 21

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+432.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Respecto a los resultados, la tabla muestra velocidades medias entre 0,858 y 0,862 m/s, un tirante uniforme de 0,330 m, y un área hidráulica de 0,111 m² en ambas verticales evaluadas. A partir de estos valores se determinó un caudal total de 0,191 m³/s, lo cual mantiene la tendencia de reducción gradual del caudal observada a medida que el flujo avanza aguas abajo del lateral "C".

Tabla 28

Resultados de aforo N°15: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+432.00

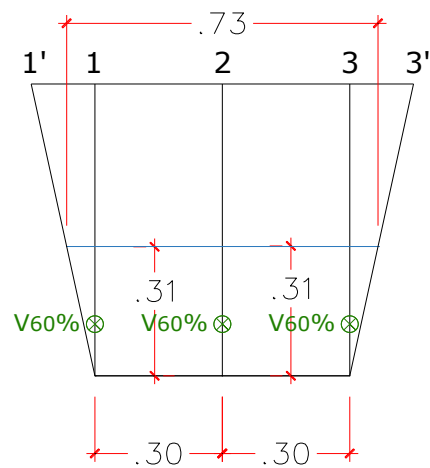
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.37				
2	3.40	0.858	0.330	0.111	0.095
3	3.40	0.862	0.330	0.111	0.096
					0.191

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N.º 16 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 1+450.00, donde se identifican la profundidad media del flujo, el ancho de solera del canal y la ubicación del correntómetro en las verticales empleadas para la medición. Debido a que el tirante es menor a 0,70 m, la velocidad fue determinada mediante el método de la sección media a un solo punto, posicionando el correntómetro al 60 % del tirante.

Figura 22

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+450.00



— NIVEL DEL AGUA	⊗ VELOCIDAD 20%	⊗ VELOCIDAD 60%	⊗ VELOCIDAD 80%
------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados hidráulicos, la tabla muestra velocidades medias entre 0,851 y 0,864 m/s, un tirante constante de 0,310 m, y un área hidráulica de 0,111 m² en ambas verticales. Estos parámetros permitieron estimar un caudal total de 0,190 m³/s en esta sección del lateral "C".

Tabla 29

Resultados de aforo N°16: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+450.00

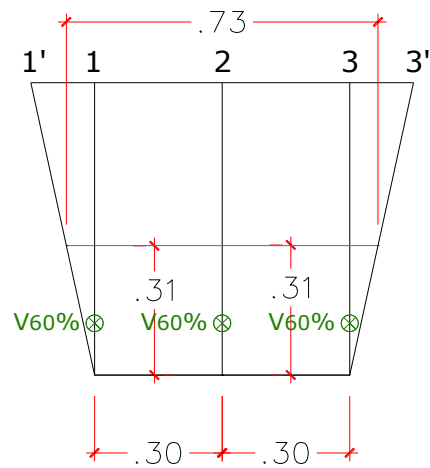
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.43				
2	3.38	0.864	0.310	0.111	0.096
3	3.33	0.851	0.310	0.111	0.094
					0.190

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N.º 17 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 1+646.00, donde se identifican la profundidad media del flujo, el ancho de solera y la ubicación del correntómetro en las verticales de medición. Debido a que el tirante es menor a 0,70 m, la determinación de velocidades se realizó mediante el método de la sección media a un solo punto, posicionando el correntómetro al 60 % del tirante.

Figura 23

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+646.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados hidráulicos, la tabla registra velocidades medias entre 0,842 y 0,864 m/s, un tirante uniforme de 0,310 m, y un área hidráulica constante de 0,111 m². A partir de estos parámetros se obtuvo un caudal total de 0,189 m³/s en esta sección del lateral "C".

Tabla 30

Resultados de aforo N°17: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+646.00

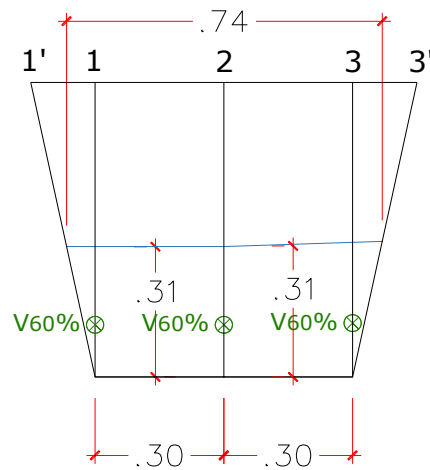
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m ²)	CAUDAL (m ³ /s)
1	3.29				
2	3.34	0.842	0.310	0.111	0.093
3	3.47	0.864	0.310	0.111	0.096
					0.189





Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°18 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 1+664.00, donde se identifican la profundidad media del flujo, el ancho de solera y la ubicación del correntómetro en cada una de las verticales utilizadas para las mediciones. Debido a que el tirante es menor a 0,70 m, la velocidad fue determinada mediante el método de la sección media a un solo punto, ubicando el correntómetro al 60 % del tirante.

Figura 24

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+664.00



 NIVEL DEL AGUA	 VELOCIDAD 20%	 VELOCIDAD 60%	 VELOCIDAD 80%
--	---	---	---

Nota. Elaboración Propia.

En los resultados hidráulicos, la tabla muestra velocidades medias entre 0,858 y 0,872 m/s, tirantes entre 0,310 y 0,315 m, y áreas hidráulicas entre 0,106 y 0,111 m². A partir de estos valores se obtuvo un caudal total de 0,188 m³/s en esta sección del lateral "C".

Tabla 31

Resultados de aforo N°18: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+664.00

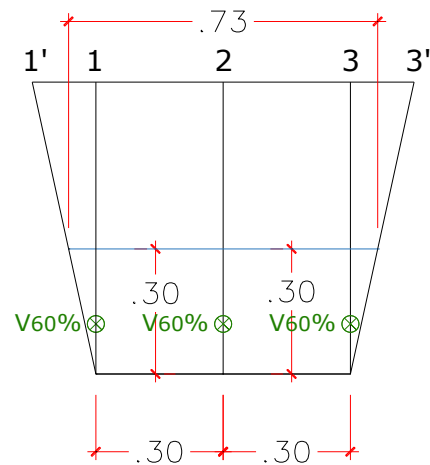
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.49				
2	3.39	0.872	0.310	0.111	0.097
3	3.38	0.858	0.315	0.106	0.091
					0.188

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N.º 19 ilustra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 1+829.00, donde se identifican los elementos geométricos relevantes, como la profundidad media del flujo, el ancho de solera, y la ubicación del correntómetro en cada vertical de medición. Debido a la limitada profundidad del tirante —inferior a 0,70 m— las velocidades se obtuvieron aplicando el método de la sección media, con mediciones puntuales al 60 % del tirante.

Figura 25

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+829.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

En cuanto a los resultados hidráulicos, la tabla muestra velocidades medias entre 0,925 m/s y 0,947 m/s, asociadas a tirantes uniformes de 0.300 m, con áreas hidráulicas aproximadas de 0,100 m². Los caudales parciales registrados para cada vertical se encuentran entre 0,092 y 0,095 m³/s, obteniéndose un caudal total de 0,187 m³/s para esta sección del canal.

Tabla 32

Resultados de aforo N°19: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+829.00

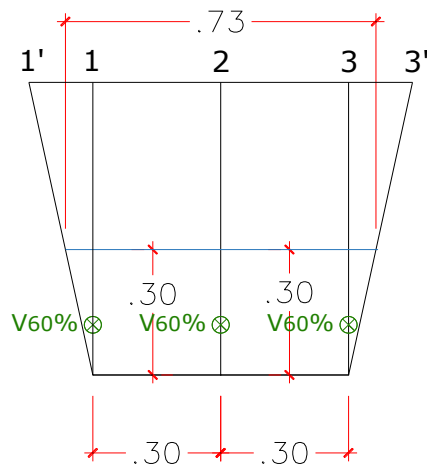
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.68				
2	3.62	0.925	0.300	0.100	0.092
3	3.86	0.947	0.300	0.100	0.095
					0.187

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°20 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 1+847.00, donde se aprecia claramente la profundidad media del tirante, el ancho de solera del canal y la ubicación del correntómetro en cada una de los tres verticales empleados. Debido a que el tirante es menor a 0,70 m, las mediciones de velocidad se efectuaron aplicando el método de la sección media, registrando la velocidad en el 60 % de la profundidad medida desde la superficie.

Figura 26

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 1+847.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Los resultados muestran velocidades medias entre 0.919 m/s y 0.945 m/s, asociadas a un tirante uniforme de 0,300 m y áreas hidráulicas del orden de 0,100 m². Los caudales parciales obtenidos se encuentran entre 0,092 y 0,095 m³/s, alcanzándose un caudal total de 0,186 m³/s para esta sección del canal.

Tabla 33

Resultados de aforo N°20: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 1+847.00

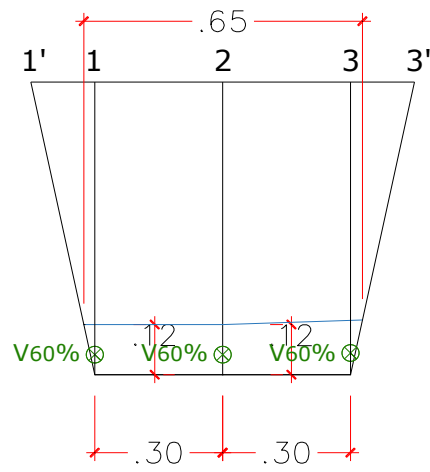
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	3.53				
2	3.72	0.919	0.300	0.100	0.092
3	3.74	0.945	0.300	0.100	0.095
					0.186

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N.° 21 representa la sección hidráulica evaluada en la progresiva 2+130.00, donde se observan las dimensiones geométricas del canal, incluyendo el ancho de solera, la profundidad media del tirante y la ubicación de las verticales de medición. El croquis muestra con claridad la posición del correntómetro en cada vertical, aplicado al 60 % de la profundidad total, conforme al método de la sección media, adecuado para tirantes menores a 0,70 m en mediciones de velocidad puntual.

Figura 27

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+130.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Los valores registrados muestran velocidades medias entre 2,348 m/s y 2,355 m/s, asociadas a un tirante reducido (0.120–0.125 m) y a áreas hidráulicas entre 0.038 y 0.039 m². El cálculo de los caudales parciales arroja valores de 0,089 y 0,092 m³/s, obteniéndose un caudal total de 0,181 m³/s en la sección evaluada.

Tabla 34

Resultados de aforo N°21: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+130.00

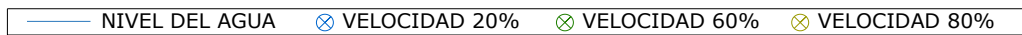
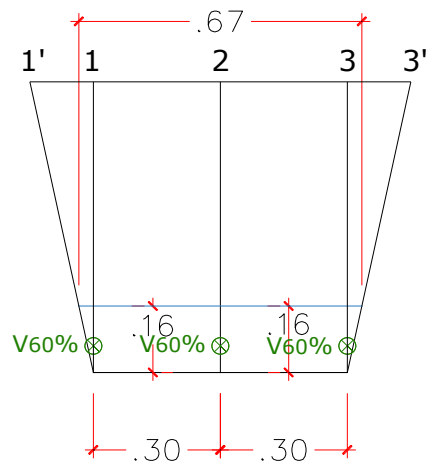
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	9.46				
2	9.03	2.348	0.120	0.038	0.089
3	9.51	2.355	0.125	0.039	0.092
					0.181

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°22 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 2+148.00, donde se observan las dimensiones geométricas del canal —incluyendo el ancho de solera, la profundidad media del tirante y la distribución de las verticales de medición—. Asimismo, se identifica la posición del correntómetro en cada punto, ubicado al 60 % del tirante, conforme al método de la sección media, empleado para obtener velocidades representativas en canales de pequeña sección.

Figura 28

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+148.00



Nota. Elaboración Propia.

Los registros de campo evidencian velocidades medias de 1,756 a 1,786 m/s, asociadas a un tirante uniforme de 0,16 m y un área hidráulica de 0,051 m² por vertical. Los caudales parciales calculados son 0,090 m³/s y 0,091 m³/s, obteniéndose un caudal total de 0,181 m³/s para esta sección.

Tabla 35

Resultados de aforo N°22: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+148.00

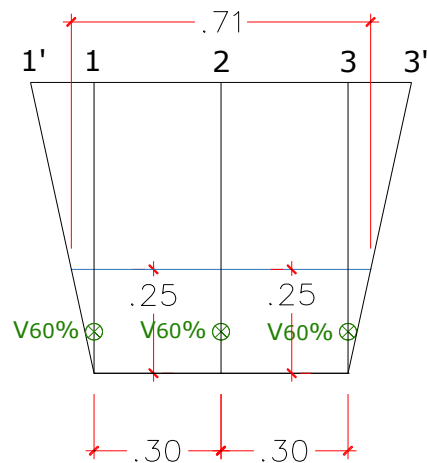
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	7.16				
2	6.92	1.786	0.160	0.051	0.091
3	6.92	1.756	0.160	0.051	0.090
					0.181

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N.º 23 representa la sección hidráulica evaluada en la progresiva 2+408.00 del canal Lateral "C". En la imagen se identifican las características geométricas de la sección, incluyendo el ancho de solera, la profundidad media del tirante y la distribución de las verticales de medición. Asimismo, se muestra la ubicación del correntómetro en cada vertical, posicionado al 60 % del tirante, de acuerdo con el procedimiento del método de la sección media, el cual permite obtener velocidades representativas para el cálculo del caudal.

Figura 29

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+408.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Los datos obtenidos muestran velocidades medias entre 1,066 y 1,115 m/s, con un tirante constante de 0,25 m y un área hidráulica de 0,082 m² por vertical. A partir de estas mediciones, se calculan caudales parciales de 0,087 m³/s y 0,091 m³/s, alcanzando un caudal total de 0,179 m³/s para esta sección.

Tabla 36

Resultados de aforo N°23: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+408.00

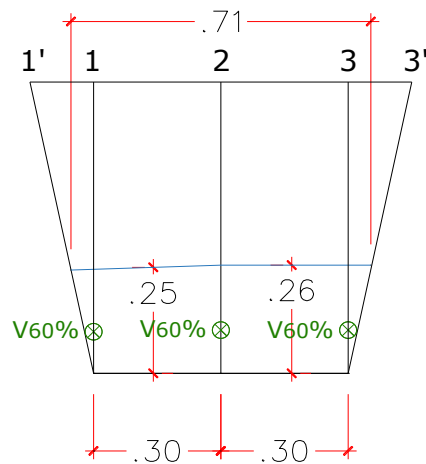
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	4.21				
2	4.21	1.066	0.250	0.082	0.087
3	4.60	1.115	0.250	0.082	0.091
					0.179

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°24 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 2+426.00 del canal Lateral "C". En la figura se identifican el ancho de solera, la profundidad media del tirante y la disposición de las verticales donde se realizaron las mediciones de velocidad. Asimismo, se observa la ubicación del correntómetro en el nivel correspondiente al 60 % del tirante, siguiendo el procedimiento establecido por el método de la sección media, utilizado para obtener velocidades representativas en canales revestidos.

Figura 30

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+426.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Los valores registrados indican velocidades medias entre 4.13 y 4.21 m/s, con profundidades que oscilan entre 0,255 y 0,260 m, generando áreas hidráulicas de 0,083 y 0,085 m² respectivamente. A partir de estas mediciones, los caudales parciales calculados alcanzan 0,089 m³/s y 0,090 m³/s, obteniéndose un caudal total de 0,178 m³/s para esta sección.

Tabla 37

Resultados de aforo N°24: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+426.00

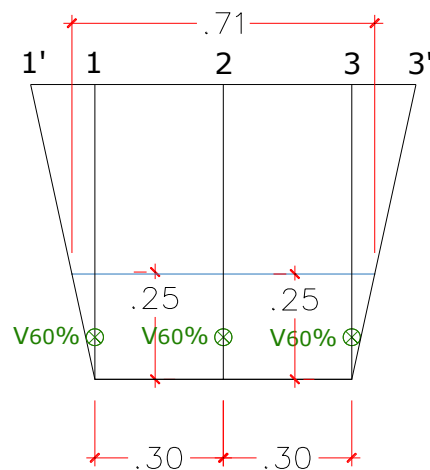
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	4.30				
2	4.13	1.067	0.255	0.083	0.089
3	4.21	1.056	0.260	0.085	0.090
					0.178

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°25 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 2+642.00 del canal Lateral "C". En la imagen se distingue claramente el ancho de solera, la profundidad media del tirante y la posición de los tres verticales de medición. En cada una de estas verticales se indica la ubicación del correntómetro, situado al 60 % del tirante conforme al método de la sección media.

Figura 31

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+642.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Los registros obtenidos muestran velocidades medias entre 4,24 y 4,51 m/s, con profundidades uniformes de 0,250 m, lo que genera áreas hidráulicas de 0,081 m² en ambas verticales. A partir de estas mediciones se determinaron caudales parciales de 0,086 m³/s y 0,090 m³/s, que dan como resultado un caudal total de 0,176 m³/s para esta sección aforada.

Tabla 38

Resultados de aforo N°25: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+642.00

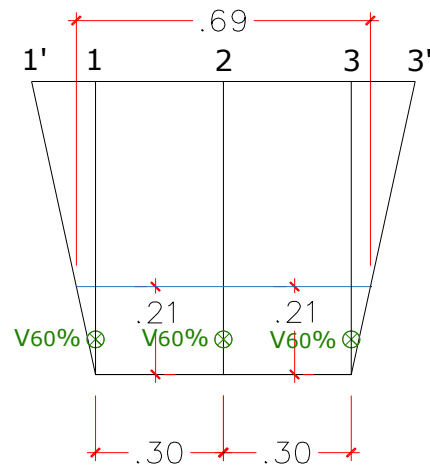
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	4.14				
2	4.24	1.061	0.250	0.081	0.086
3	4.51	1.108	0.250	0.081	0.090
					0.176

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N.º 26 representa la sección hidráulica evaluada en la progresiva 2+660.00 del canal Lateral "C". En la ilustración se identifican claramente el ancho de solera, la profundidad media del tirante y la disposición de los tres verticales de medición utilizadas en el levantamiento. En cada una de estas verticales se señala la ubicación del correntómetro, colocado al 60 % del tirante.

Figura 32

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+660.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Los valores registrados muestran velocidades medias entre 5,02 m/s y 5,13 m/s, con una profundidad uniforme de 0,210 m, lo que genera áreas hidráulicas constantes de 0,068 m² en ambas verticales. A partir de ello se obtuvieron caudales parciales de 0,088 m³/s y 0,087 m³/s, resultando en un caudal total de 0,175 m³/s para esta sección evaluada.

Tabla 39

Resultados de aforo N°26: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+660.00

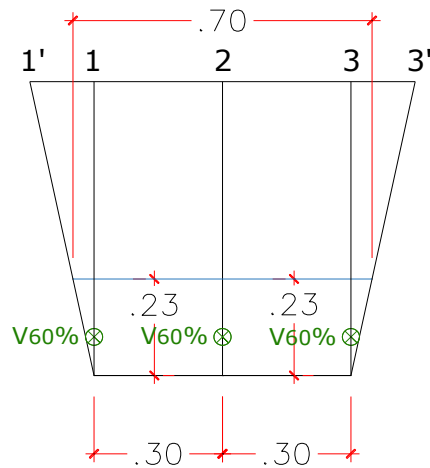
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	5.14				
2	5.02	1.288	0.210	0.068	0.088
3	5.13	1.286	0.210	0.068	0.087
					0.175

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N.º 27 representa la sección hidráulica evaluada en la progresiva 2+880.00 del canal Lateral "C". En esta se distinguen los principales elementos geométricos de la sección: el ancho de solera, la profundidad media del tirante y la disposición de las verticales donde se efectuaron las mediciones. Asimismo, se muestra la ubicación del correntómetro, instalado al 60 % de la profundidad en cada vertical, conforme al método de la sección media.

Figura 33

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+880.00



	NIVEL DEL AGUA		VELOCIDAD 20%		VELOCIDAD 60%		VELOCIDAD 80%
--	----------------	--	---------------	--	---------------	--	---------------

Nota. Elaboración Propia.

Las mediciones registradas evidencian velocidades medias entre 4,50 m/s y 4,66 m/s, con un tirante uniforme de 0,230 m en ambas verticales instrumentadas. Esto genera áreas hidráulicas constantes de 0,075 m², resultando en caudales parciales de 0,087 m³/s para cada vertical. En consecuencia, el caudal total en esta sección asciende a 0,173 m³/s.

Tabla 40

Resultados de aforo N°27: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+880.00

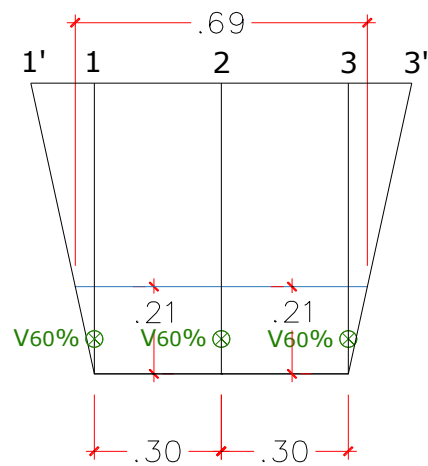
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	4.46				
2	4.66	1.153	0.230	0.075	0.087
3	4.50	1.159	0.230	0.075	0.087
					0.173

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°28 representa la sección hidráulica evaluada en la progresiva 2+897.00 del canal Lateral "C". En esta sección se identifican los componentes geométricos principales: el ancho de solera, la profundidad media del tirante, y la distribución de las verticales donde se efectuaron las mediciones. Asimismo, se muestra la posición del correntómetro, instalado al 60 % de la profundidad, siguiendo el método de la sección media.

Figura 34

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 2+897.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Los datos registrados presentan velocidades medias entre 4,84 m/s y 5,06 m/s, con un tirante constante de 0,230 m, resultando en áreas hidráulicas uniformes de 0,068 m² por vertical. Los caudales parciales obtenidos fueron 0,086 m³/s y 0,085 m³/s, alcanzándose un caudal total de 0,172 m³/s en esta sección.

Tabla 41

Resultados de aforo N°28: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 2+897.00

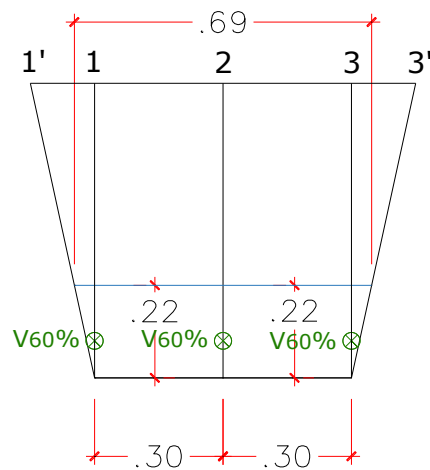
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	4.97				
2	5.06	1.269	0.230	0.068	0.086
3	4.84	1.254	0.230	0.068	0.085
					0.172

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N°29 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 3+118.00 del canal Lateral "C". En ella se identifican claramente los elementos geométricos que definen la sección: el ancho de solera, la profundidad media del flujo y las verticales de medición donde se realizaron los aforos. Asimismo, se evidencia la ubicación del correntómetro en cada vertical, colocado al 60 % de la profundidad total, en cumplimiento del método de la sección media.

Figura 35

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 3+118.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Los registros obtenidos muestran velocidades medias entre 4,66 m/s y 4,96 m/s, con un tirante uniforme de 0,220 m, lo que genera áreas hidráulicas de 0,071 m² por vertical. A partir de estos valores, se calcularon los caudales parciales, obteniéndose 0,082 m³/s y 0,086 m³/s, que suman un caudal total de 0,168 m³/s para esta sección.

Tabla 42

Resultados de aforo N°29: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 3+118.00

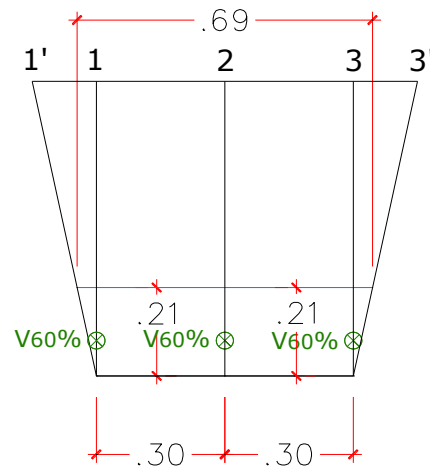
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	4.43				
2	4.66	1.151	0.220	0.071	0.082
3	4.96	1.217	0.220	0.071	0.086
					0.168

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N.º 30 muestra la sección hidráulica evaluada en la progresiva 3+136.00, donde se identifican claramente los elementos geométricos que conforman la sección del canal, como el ancho de solera, la profundidad media del flujo y las verticales de medición empleadas para el aforo. También se observa la ubicación del correntómetro, instalado al 60 % del tirante, cumpliendo lo establecido por el método de la sección media.

Figura 36

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 3+136.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Los valores registrados muestran velocidades medias de 4,81 m/s y 4,88 m/s, con tirantes entre 0,210 m y 0,215 m, lo que genera áreas hidráulicas de 0,068 m² por vertical. A partir de estas mediciones se determinaron los caudales parciales, resultando en 0,083 m³/s para cada vertical, lo que finalmente arroja un caudal total de 0,166 m³/s para esta sección.

Tabla 43

Resultados de aforo N°30: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 3+136.00

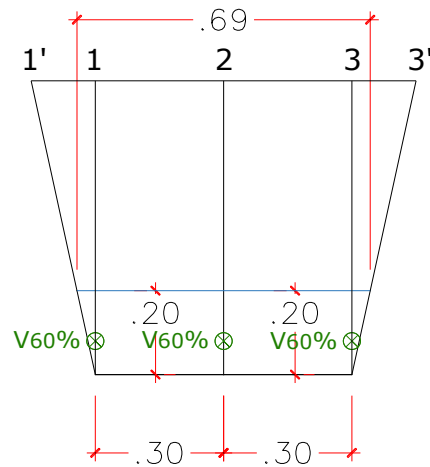
PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	4.81				
2	4.81	1.218	0.210	0.068	0.083
3	4.88	1.227	0.215	0.068	0.083
					0.166

Nota. Elaboración Propia.

La figura correspondiente al Aforo N.°31 representa la sección hidráulica evaluada en la progresiva 3+240.00, la cual constituye el último punto de medición del lateral "C". En la figura se identifican claramente el ancho de solera, la profundidad media del flujo y las verticales de medición, así como la ubicación del correntómetro instalado al 60 % del tirante, conforme al método de la sección media.

Figura 37

Sección de aforo: Canal lateral "C" - Progresiva 3+136.00



— NIVEL DEL AGUA ⊗ VELOCIDAD 20% ⊗ VELOCIDAD 60% ⊗ VELOCIDAD 80%

Nota. Elaboración Propia.

Los valores obtenidos muestran velocidades medias de 5,14 m/s y 5,00 m/s, con tirantes cercanos a 1,26 m – 1,28 m, generando áreas hidráulicas de aproximadamente 0,064 m² por vertical. A partir de estos parámetros se calcularon los caudales parciales, resultando finalmente en un caudal total de 0,163 m³/s.

Tabla 44

Resultados de aforo N°31: Medición de velocidad, profundidad y caudal en la progresiva 3+240.00

PTOS	N	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	PROFUNDIDAD MEDIA - TIRANTE (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	4.83				
2	5.14	1.264	0.200	0.064	0.081
3	5.00	1.285	0.200	0.064	0.082
					0.163

Nota. Elaboración Propia.

Este aforo —al ser el último del lateral “C”— permite evaluar el comportamiento hidráulico del canal hacia su tramo final, evidenciando una disminución progresiva del caudal transportado respecto a los puntos iniciales. La información obtenida en este punto confirma la tendencia observada en los aforos previos y aporta un cierre técnico consistente para la caracterización integral del lateral.

4.2.1. Resumen de tirantes obtenidos

La tabla siguiente muestra el resumen de tirante obtenidos a fin de poder analizar los resultados de forma más ordenada.

Tabla 45*Resumen de tirantes obtenidos en el canal Lateral "C"*

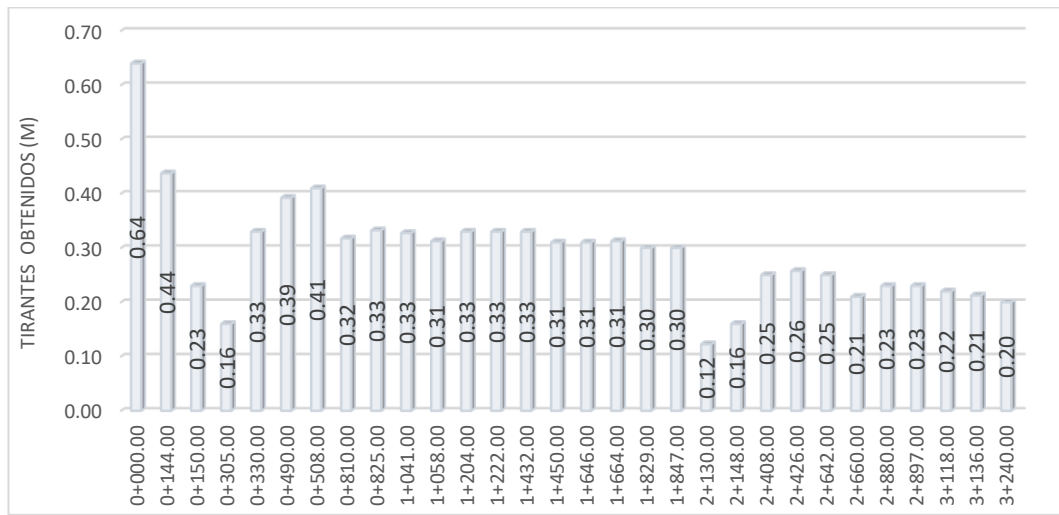
N° AFORO	PROGRESIVA	TIRANTE (M)	N° AFORO	PROGRESIVA	TIRANTE (M)
2	0+000.00	0.640	17	1+646.00	0.310
3	0+144.00	0.438	18	1+664.00	0.313
4	0+150.00	0.230	19	1+829.00	0.300
5	0+305.00	0.160	20	1+847.00	0.300
6	0+330.00	0.330	21	2+130.00	0.123
7	0+490.00	0.393	22	2+148.00	0.160
8	0+508.00	0.410	23	2+408.00	0.250
9	0+810.00	0.318	24	2+426.00	0.258
10	0+825.00	0.333	25	2+642.00	0.250
11	1+041.00	0.328	26	2+660.00	0.210
12	1+058.00	0.313	27	2+880.00	0.230
13	1+204.00	0.330	28	2+897.00	0.230
14	1+222.00	0.330	29	3+118.00	0.220
15	1+432.00	0.330	30	3+136.00	0.213
16	1+450.00	0.310	31	3+240.00	0.200

Nota. Elaboración Propia.

En el gráfico siguiente se detalla la variación de los tirantes obtenidos a fin de realizar un análisis integral del lateral "C" por los tramos aforados.

Figura 38

Gráfico de tirantes obtenidos en el canal lateral "C"



Nota. Elaboración Propia.

4.2.2. Resumen de velocidades obtenidos

La tabla siguiente muestra el resumen de velocidades obtenidos a fin de poder analizar los resultados de forma más ordenada.

Resumen de tirantes obtenidos en el canal Lateral "C".

Tabla 46*Resumen de velocidades obtenidos en el canal Lateral "C"*

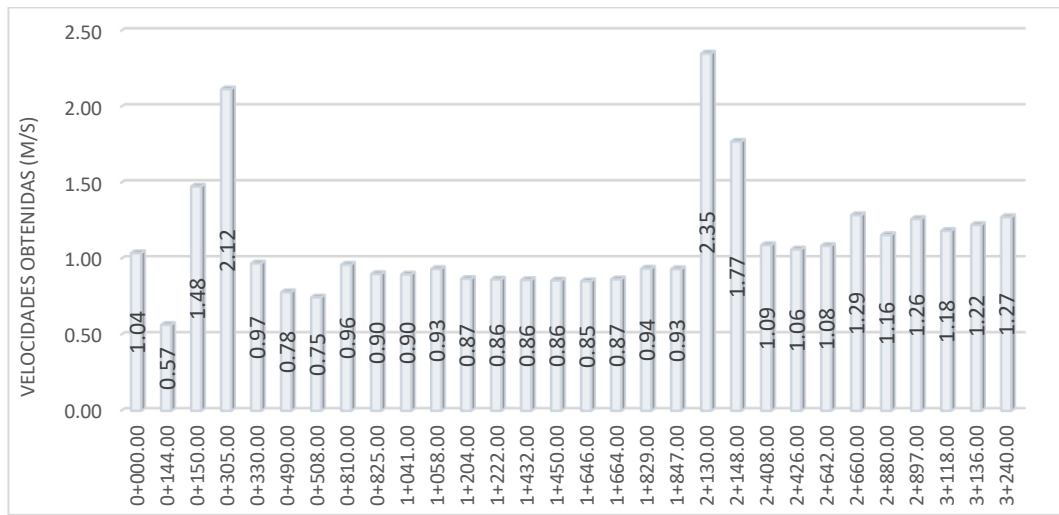
N° AFORO	PROGRESIVA	VELOCIDAD (M/S)	N° AFORO	PROGRESIVA	VELOCIDAD (M/S)
2	0+000.00	1.037	17	1+646.00	0.853
3	0+144.00	0.565	18	1+664.00	0.865
4	0+150.00	1.475	19	1+829.00	0.936
5	0+305.00	2.116	20	1+847.00	0.932
6	0+330.00	0.970	21	2+130.00	2.351
7	0+490.00	0.780	22	2+148.00	1.771
8	0+508.00	0.746	23	2+408.00	1.090
9	0+810.00	0.961	24	2+426.00	1.061
10	0+825.00	0.900	25	2+642.00	1.085
11	1+041.00	0.897	26	2+660.00	1.287
12	1+058.00	0.933	27	2+880.00	1.156
13	1+204.00	0.868	28	2+897.00	1.262
14	1+222.00	0.864	29	3+118.00	1.184
15	1+432.00	0.860	30	3+136.00	1.223
16	1+450.00	0.858	31	3+240.00	1.274

Nota. Elaboración Propia.

En el gráfico siguiente se detalla la variación de las velocidades obtenidos a fin de realizar un análisis integral del lateral "C" por los tramos aforados.

Figura 39

Gráfico de velocidades obtenidos en el canal Lateral "C"



Nota. Elaboración Propia.

4.3. CÁLCULO DE EFICIENCIA HIDRÁULICA

4.3.1. Cálculo de la eficiencia hidráulico por cada tramo aforado

La tabla presentada organiza de manera secuencial los 29 tramos evaluados a lo largo del lateral "C", especificando para cada uno el punto de inicio y fin según su progresiva.

Cada tramo está delimitado por dos progresivas obtenidas durante el levantamiento de campo, abarcando desde el ingreso del canal en la progresiva 0+000.00 hasta el punto final en la progresiva 3+240.00. Esta segmentación responde a la necesidad de analizar el comportamiento hidráulico en intervalos

cortos, considerando variaciones en caudal, tirante y velocidad registradas en los aforos correspondientes.

El propósito de esta tabla es determinar las pérdidas de caudal en cada tramo, evaluando así la eficiencia hidráulica de conducción a lo largo del lateral. Al relacionar los caudales obtenidos en los aforos consecutivos, es posible identificar con claridad qué tramos presentan mayores disminuciones de caudal —lo que podría asociarse a filtraciones, infiltración, pérdidas por estructuras o condiciones de operación— y qué tramos mantienen un transporte más eficiente, mostrando pérdidas mínimas.

Tabla 47*Progresivas de tramos aforados*

N° TRAMO	COMIENZO	PROGRESIVA	N° TRAMO	COMIENZO	PROGRESIVA
1	INICIO	0+000.00		FIN	1+646.00
	FIN	0+144.00	16	INICIO	1+646.00
2	INICIO	0+144.00		FIN	1+664.00
	FIN	0+150.00	17	INICIO	1+664.00
3	INICIO	0+150.00		FIN	1+829.00
	FIN	0+305.00	18	INICIO	1+829.00
4	INICIO	0+305.00		FIN	1+847.00
	FIN	0+330.00	19	INICIO	1+847.00
5	INICIO	0+330.00		FIN	2+130.00
	FIN	0+490.00	20	INICIO	2+130.00
6	INICIO	0+490.00		FIN	2+148.00
	FIN	0+508.00	21	INICIO	2+148.00
7	INICIO	0+508.00		FIN	2+408.00
	FIN	0+810.00	22	INICIO	2+408.00
8	INICIO	0+810.00		FIN	2+426.00
	FIN	0+825.00	23	INICIO	2+426.00
9	INICIO	0+825.00		FIN	2+642.00
	FIN	1+041.00	24	INICIO	2+642.00
10	INICIO	1+041.00		FIN	2+660.00
	FIN	1+058.00	25	INICIO	2+660.00
11	INICIO	1+058.00		FIN	2+880.00
	FIN	1+204.00	26	INICIO	2+880.00
12	INICIO	1+204.00		FIN	2+897.00
	FIN	1+222.00	27	INICIO	2+897.00
13	INICIO	1+222.00		FIN	3+118.00
	FIN	1+432.00	28	INICIO	3+118.00
14	INICIO	1+432.00		FIN	3+136.00
	FIN	1+450.00	29	INICIO	3+136.00
15	INICIO	1+450.00		FIN	3+240.00

Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N°01 presenta los caudales medidos en las progresivas 0+000.00 y 0+144.00, detallando además la pérdida registrada y la eficiencia hidráulica del tramo. En este caso, el caudal disminuye de 225.750 l/s a 222.167 l/s, evidenciándose una pérdida de 3.583 l/s, equivalente a una eficiencia de 98.41 %.

Tabla 48

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°01: 0+000.00 - 0+144.00

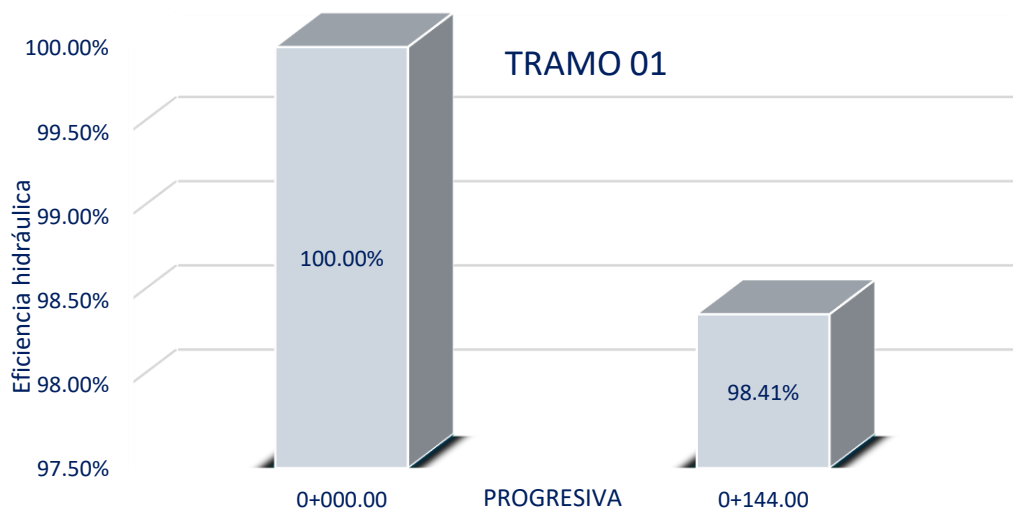
N°	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	0+000.00	225.750	3.583	98.41%
2	0+144.00	222.167		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado muestra de manera visual la variación del caudal y el porcentaje de eficiencia entre ambas progresivas.

Figura 40

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°01: 0+000.00 - 0+144.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 02 presenta los caudales medidos en las progresivas 0+144.00 y 0+150.00, permitiendo identificar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica del tramo. En este caso, el caudal disminuye de 222,167 l/s a 221.297 l/s, lo que representa una pérdida de 0,870 l/s y una eficiencia de 99,61 %.

Tabla 49

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°02: 0+144.00 – 0+150.00

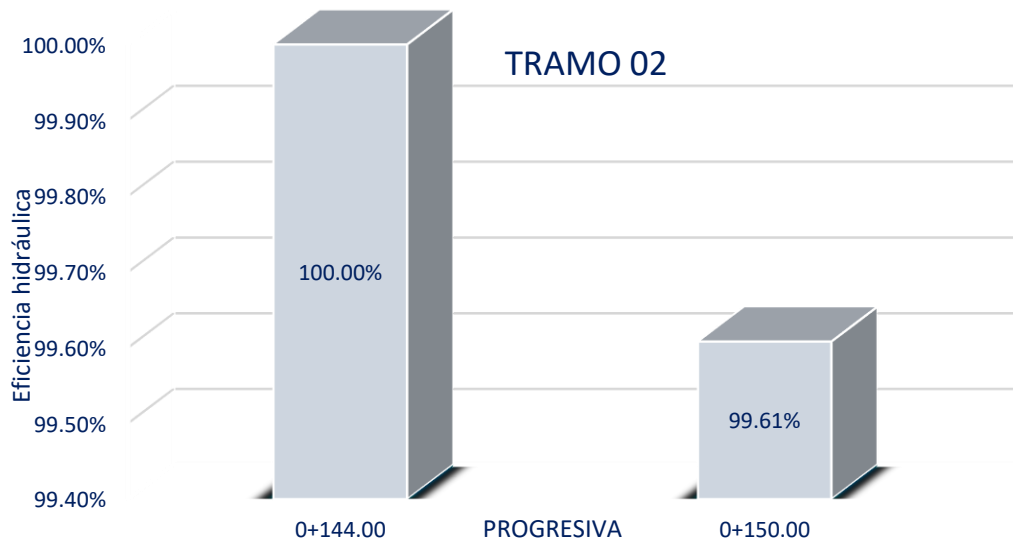
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	0+144.00	222.167	0.870	99.61%
2	0+150.00	221.297		

Nota. Elaboración Propia.

Por su parte, el gráfico asociado muestra de manera visual la variación del caudal y el porcentaje de eficiencia entre ambas progresivas.

Figura 41

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°02: 0+144.00 – 0+150.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 03 presenta los caudales medidos en las progresivas 0+150.00 y 0+305.00, permitiendo identificar la magnitud de la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica del tramo. En este caso, el caudal disminuye de 221.297 l/s a 215.791 l/s, lo que representa una pérdida de 5.506 l/s y una eficiencia hidráulica de 97.51 %.

Tabla 50

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°03: 0+150.00 – 0+305.00

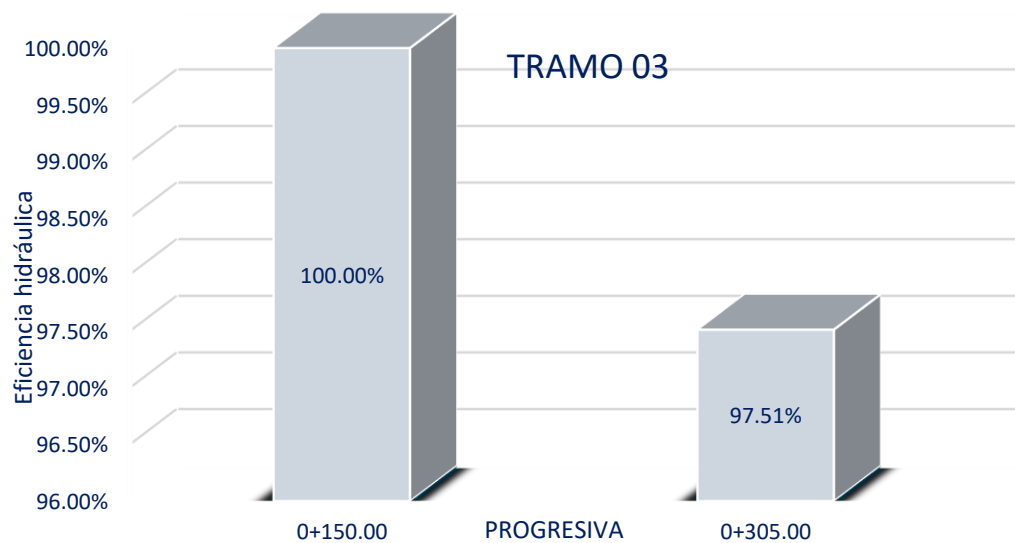
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	0+150.00	221.297	5.506	97.51%
2	0+305.00	215.791		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado permite visualizar de manera clara la variación del caudal entre ambas progresivas, mostrando el descenso en la eficiencia hidráulica del tramo.

Figura 42

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°03: 0+150.00 – 0+305.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 04 presenta los caudales registrados en las progresivas 0+305.00 y 0+330.00, permitiendo cuantificar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica en este sector del canal. En este tramo, el caudal disminuye de 215,791 l/s a 215,373 l/s, lo que representa una pérdida de 0,418 l/s y una eficiencia hidráulica de 99,81 %.

Tabla 51

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°04: 0+305.00 – 0+330.00

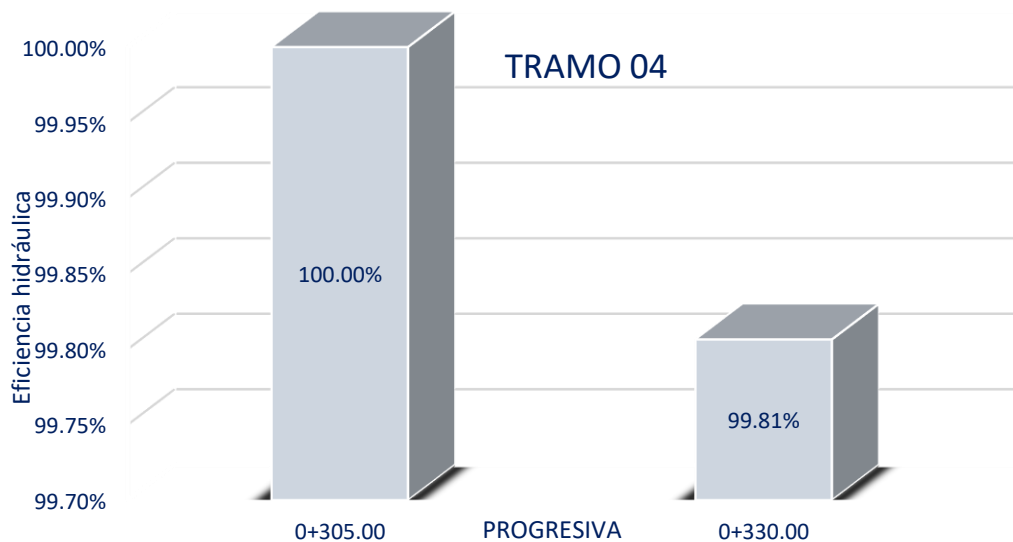
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	0+305.00	215.791	0.418	99.81%
2	0+330.00	215.373		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado refuerza esta interpretación, mostrando visualmente la casi imperceptible disminución del caudal y el alto porcentaje de eficiencia hidráulica.

Figura 43

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°04: 0+305.00 – 0+330.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 05 presenta los caudales registrados en las progresivas 0+330.00 y 0+490.00, lo que permite cuantificar la pérdida de caudal y evaluar la eficiencia hidráulica en este sector del canal. En este tramo, el caudal disminuye de 215,373 l/s a 210,656 l/s, evidenciándose una pérdida de 4,718 l/s, equivalente a una eficiencia hidráulica de 97,81 %. Esta reducción es mayor en comparación con los tramos previos, lo que indica un incremento en las pérdidas por fricción, posibles filtraciones o irregularidades en la estructura del canal.

Tabla 52

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°05: 0+330.00 – 0+490.00

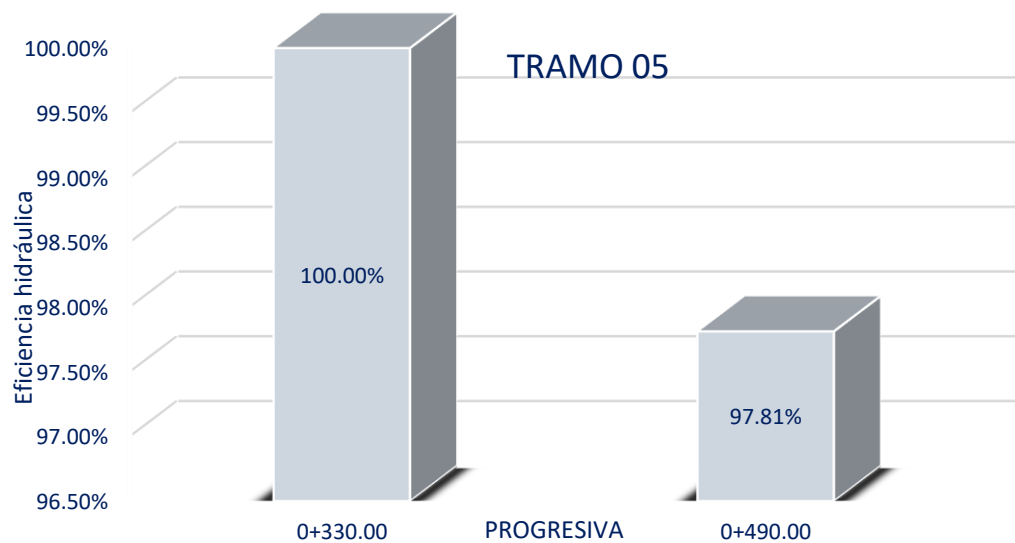
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	0+330.00	215.373	4.718	97.81%
2	0+490.00	210.656		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado complementa la lectura de la tabla al mostrar de manera clara la diferencia entre ambas progresivas. Se representa visualmente el descenso de eficiencia entre el inicio y el fin del tramo, resaltando que este sector presenta un comportamiento menos eficiente en la conducción del caudal respecto a otros tramos evaluados.

Figura 44

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°05: 0+330.00 – 0+490.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 06 muestra los caudales registrados en las progresivas 0+490.00 y 0+508.00, permitiendo identificar la pérdida de caudal y evaluar la eficiencia hidráulica del tramo. En este sector, el caudal se reduce de 210,656 l/s a 210,267 l/s, lo que representa una pérdida mínima de 0,388 l/s y una eficiencia hidráulica muy alta de 99,82 %.

Tabla 53

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°06: 0+490.00 – 0+508.00

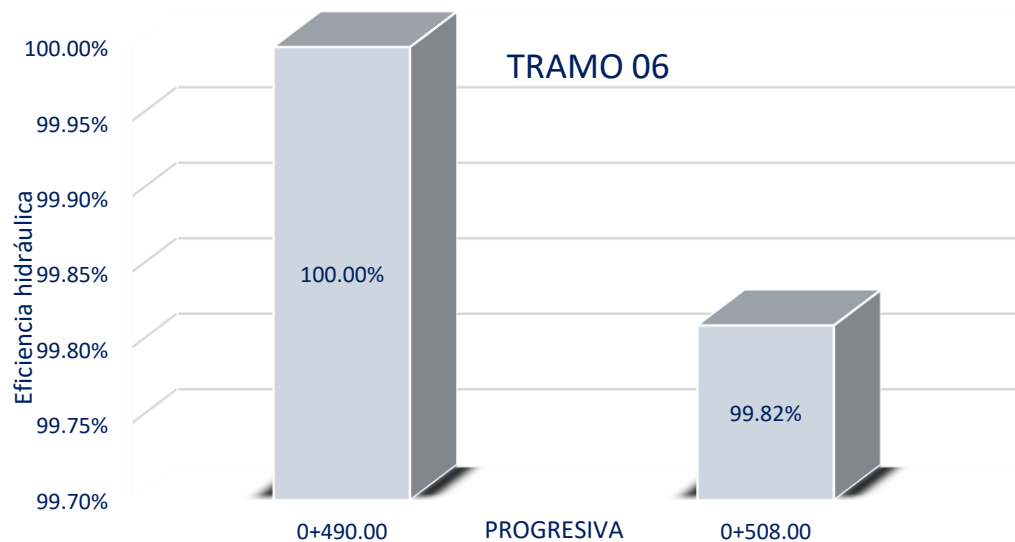
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	0+490.00	210.656	0.388	99.82%
2	0+508.00	210.267		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado refuerza visualmente la información de la tabla al representar la eficiencia hidráulica en ambas progresivas. Se observa un descenso ligero pero perceptible entre el inicio y el fin del tramo.

Figura 45

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°06: 0+490.00 – 0+508.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 07 presenta los caudales medidos en las progresivas 0+508.00 y 0+810.00, permitiendo cuantificar la pérdida de caudal y evaluar la eficiencia hidráulica en este sector del canal. En este tramo, el caudal disminuye de 210.267 l/s a 203.761 l/s, generando una pérdida significativa de 6.506 l/s, lo que se traduce en una eficiencia hidráulica de 96.91 %.

Tabla 54

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°07: 0+508.00 – 0+810.00

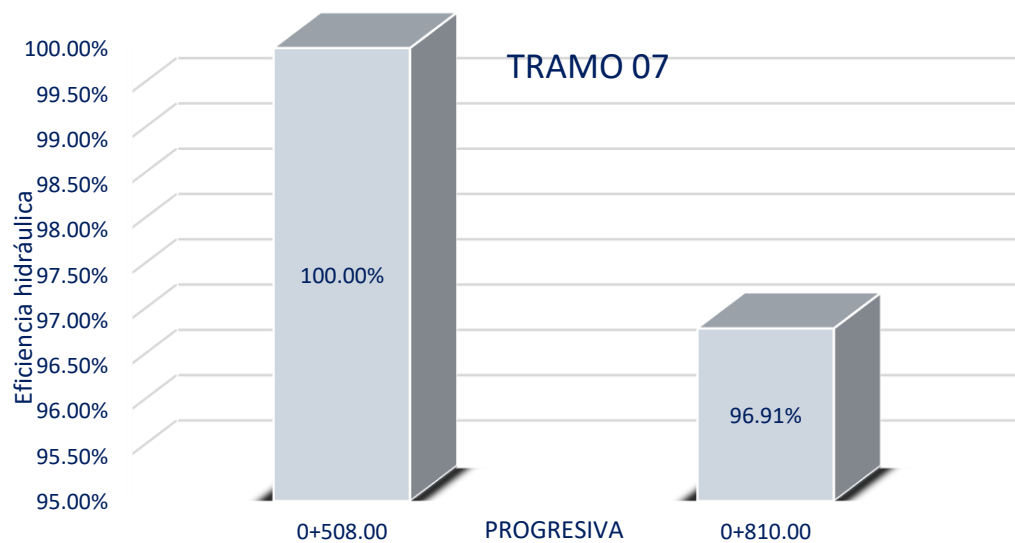
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	0+508.00	210.267	6.506	96.91%
2	0+810.00	203.761		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado complementa visualmente esta información, mostrando el contraste entre ambos puntos de medición.

Figura 46

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°07: 0+508.00 – 0+810.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 08 muestra los caudales registrados en las progresivas 0+810.00 y 0+825.00, permitiendo cuantificar la pérdida de caudal y determinar la eficiencia hidráulica en este corto sector del canal. En este tramo, el caudal disminuye de 203,761 l/s a 201,574 l/s, lo que representa una pérdida de 2,187 l/s y una eficiencia hidráulica de 98,93 %.

Tabla 55

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°08: 0+810.00 – 0+825.00

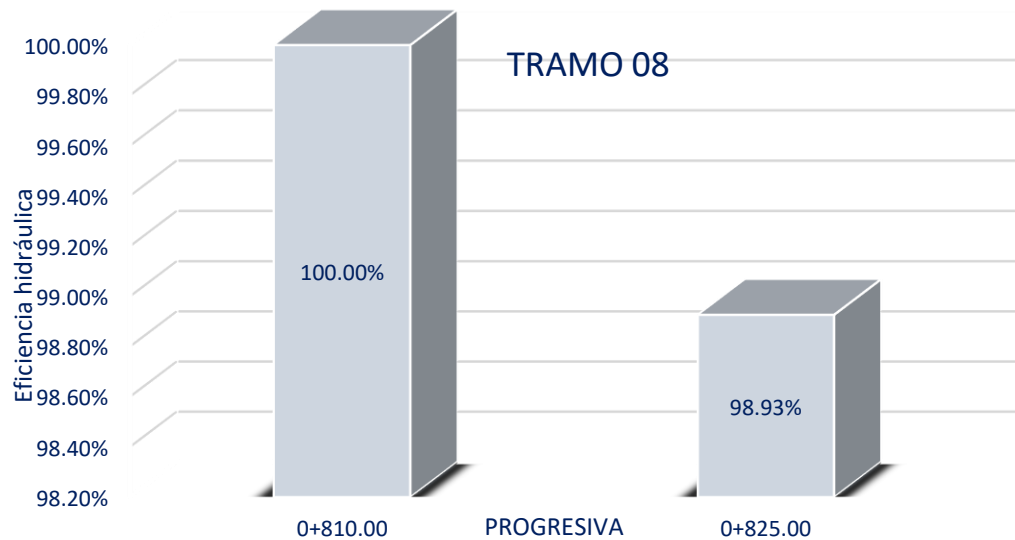
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	0+810.00	203.761	2.187	98.93%
2	0+825.00	201.574		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico muestra la relación entre ambas progresivas. Se aprecia una reducción ligera en la eficiencia hidráulica del tramo al trasladarse del punto inicial (0+810.00) al punto final (0+825.00).

Figura 47

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°08: 0+810.00 – 0+825.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 09 presenta los caudales medidos en las progresivas 0+825.00 y 1+041.00, permitiendo identificar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica en este sector del canal. En este tramo, el caudal disminuye de 201.574 l/s a 196.430 l/s, evidenciando una pérdida significativa de 5.144 l/s, que se traduce en una eficiencia hidráulica de 97.45 %. Esta pérdida es mayor en comparación con tramos anteriores.

Tabla 56

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°09: 0+825.00 – 1+041.00

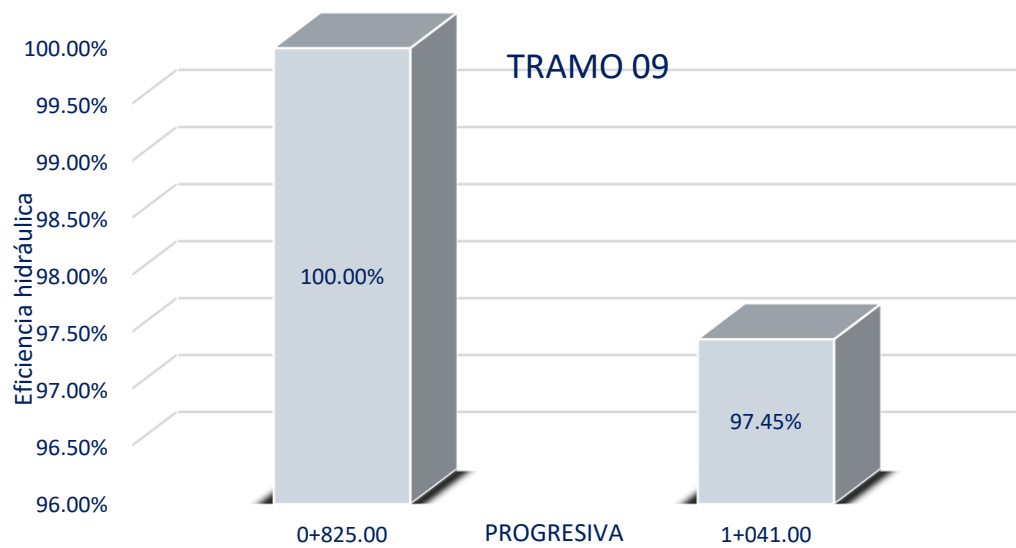
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	0+825.00	201.574	5.144	97.45%
2	1+041.00	196.430		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado complementa esta información mostrando de manera visual la disminución de la eficiencia entre ambas progresivas.

Figura 48

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°09: 0+825.00 – 1+041.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 10 presenta los caudales medidos en las progresivas 1+041.00 y 1+058.00, permitiendo identificar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica en este sector del canal. En este tramo, el caudal disminuye de 196,430 l/s a 194,994 l/s, registrándose una pérdida de 1,436 l/s, lo que equivale a una eficiencia hidráulica de 99,27 %.

Tabla 57

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°10: 1+041.00 – 1+058.00

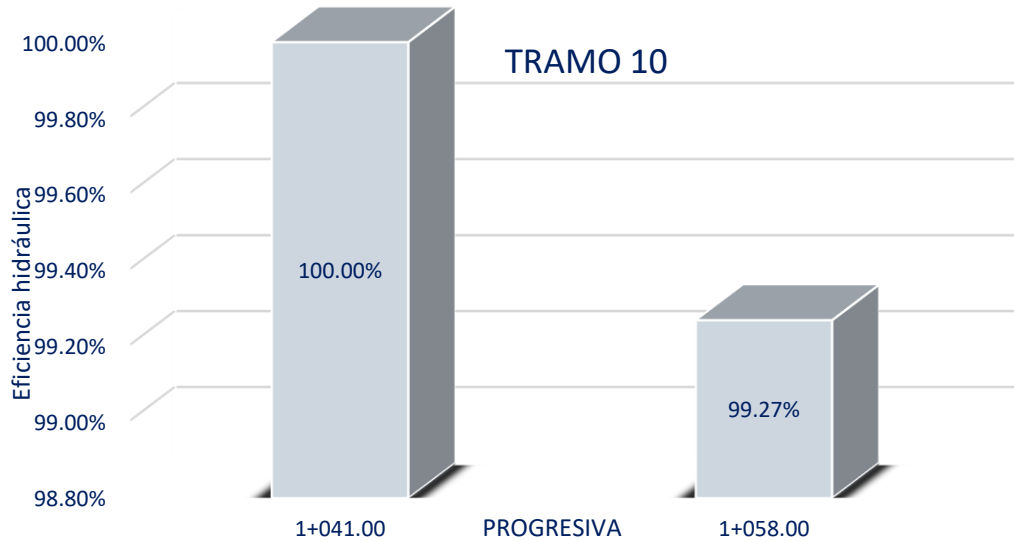
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	1+041.00	196.430	1.436	99.27%
2	1+058.00	194.994		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado refuerza esta información mostrando visualmente la reducción de eficiencia entre ambos puntos.

Figura 49

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°10: 1+041.00 – 1+058.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 11 presenta los caudales medidos en las progresivas 1+058.00 y 1+204.00, permitiendo identificar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica asociada. En este tramo, el caudal disminuye de 194,994 l/s a 192,675 l/s, reflejando una pérdida de 2,318 l/s, lo que se traduce en una eficiencia hidráulica de 98,81 %.

Tabla 58

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°11: 1+058.00 – 1+204.00

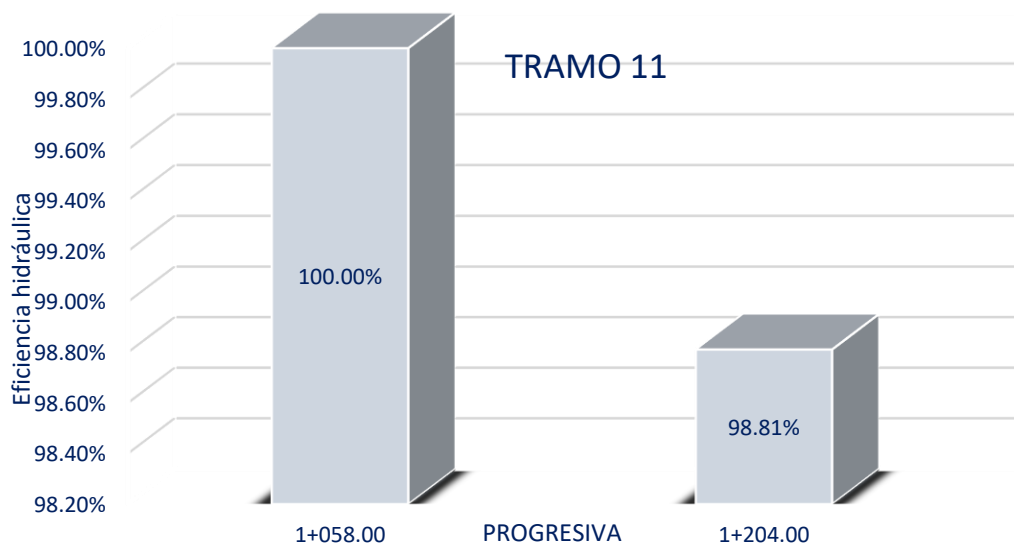
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	1+058.00	194.994	2.318	98.81%
2	1+204.00	192.675		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado complementa visualmente la información de la tabla, mostrando el contraste entre el punto inicial y el punto final del tramo.

Figura 50

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°11: 1+058.00 – 1+204.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 12 presenta los caudales medidos en las progresivas 1+204.00 y 1+222.00, detallando la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica asociada a este sector del canal. En este tramo se observa una reducción del caudal desde 192,675 l/s hasta 191,755 l/s, lo que representa una pérdida de 0,920 l/s y una eficiencia hidráulica de 99,52 %.

Tabla 59

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°12: 1+204.00 – 1+222.00

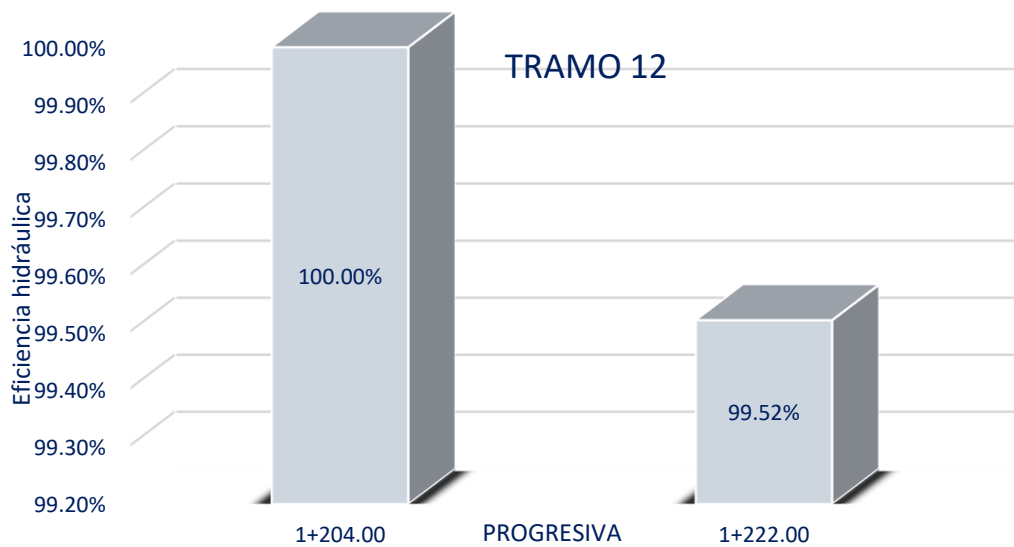
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	1+204.00	192.675	0.920	99.52%
2	1+222.00	191.755		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado refuerza visualmente la información de la tabla, mostrando la diferencia entre ambas progresivas mediante columnas comparativas.

Figura 51

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°12: 1+204.00 – 1+222.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 13 presenta los caudales medidos en las progresivas 1+222.00 y 1+432.00, permitiendo identificar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica asociada a este sector del canal. En este tramo, el caudal disminuye de 191,755 l/s a 190,988 l/s, lo que representa una pérdida de 0,767 l/s y una eficiencia hidráulica de 99,60 %.

Tabla 60

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°13: 1+222.00 – 1+432.00

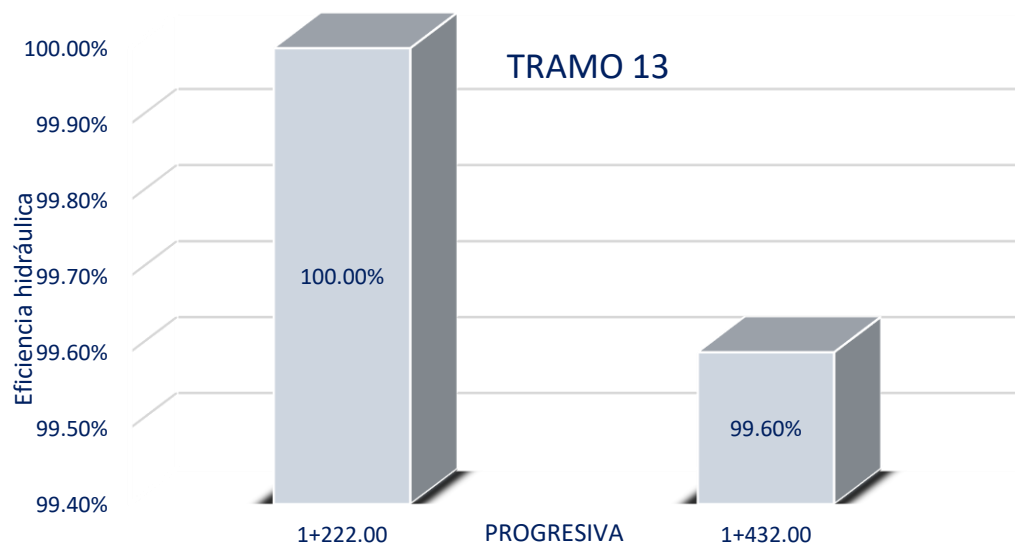
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	1+222.00	191.755	0.767	99.60%
2	1+432.00	190.988		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado complementa la información de la tabla, mostrando de forma clara la comparación entre ambas progresivas.

Figura 52

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°13: 1+222.00 – 1+432.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla del Tramo N.º 14 presenta los caudales medidos en las progresivas 1+432.00 y 1+450.00, permitiendo cuantificar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica en este corto segmento del canal. En este tramo, el caudal disminuye de 190,988 l/s a 190,375 l/s, lo que representa una pérdida de 0,613 l/s y una eficiencia hidráulica de 99,68 %.

Tabla 61

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°14: 1+432.00 – 1+450.00

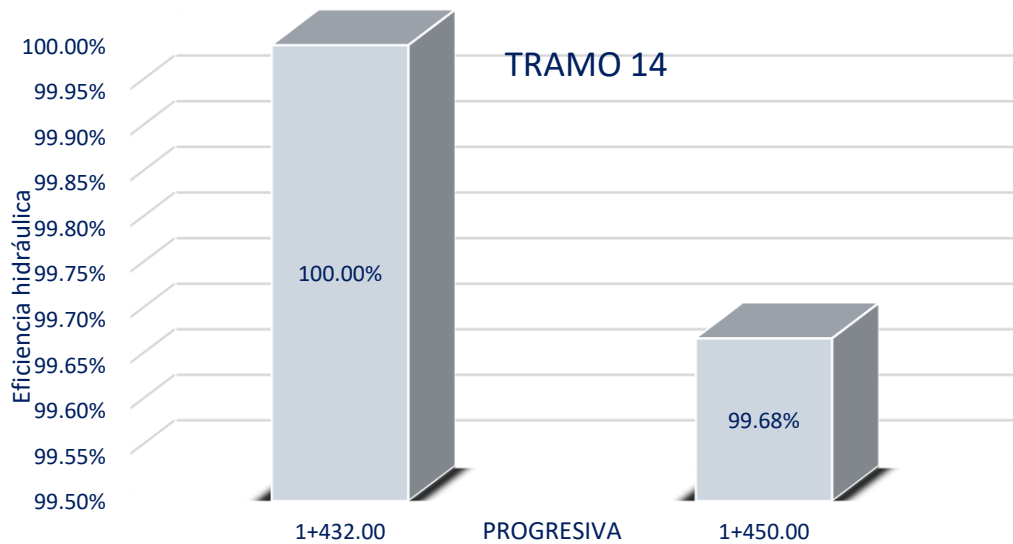
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	1+432.00	190.988	0.613	99.68%
2	1+450.00	190.375		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico complementa la información de la tabla al mostrar de manera visual la variación del caudal entre ambas progresivas.

Figura 53

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°14: 1+432.00 – 1+450.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 15 presenta los caudales medidos en las progresivas 1+450.00 y 1+646.00, permitiendo evaluar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica en este segmento del canal. En este tramo, el caudal disminuye de 190,375 l/s a 189,301 l/s, lo que representa una pérdida de 1,074 l/s y una eficiencia hidráulica de 99,44 %.

Tabla 62

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°15: 1+450.00 – 1+646.00

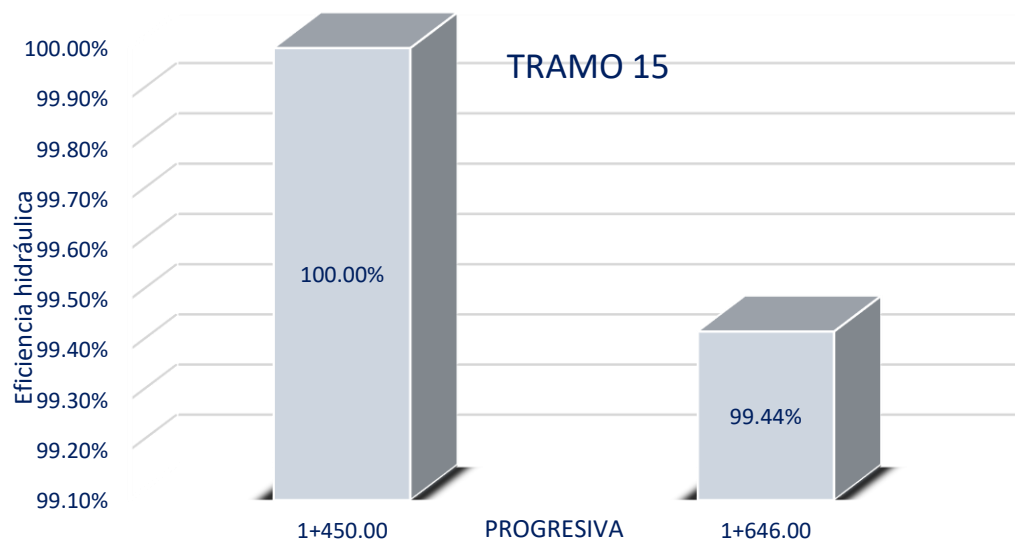
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	1+450.00	190.375	1.074	99.44%
2	1+646.00	189.301		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico complementa la información de la tabla al mostrar visualmente la variación del caudal entre ambas progresivas.

Figura 54

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°15: 1+450.00 – 1+646.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 16 presenta los caudales registrados en las progresivas 1+646.00 y 1+664.00, permitiendo cuantificar la pérdida de caudal y determinar la eficiencia hidráulica del tramo. En este caso, el caudal desciende de 189,301 l/s a 187,771 l/s, lo que representa una pérdida de 1,531 l/s, equivalente a una eficiencia hidráulica de 99,19 %.

Tabla 63

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°16: 1+646.00 – 1+664.00

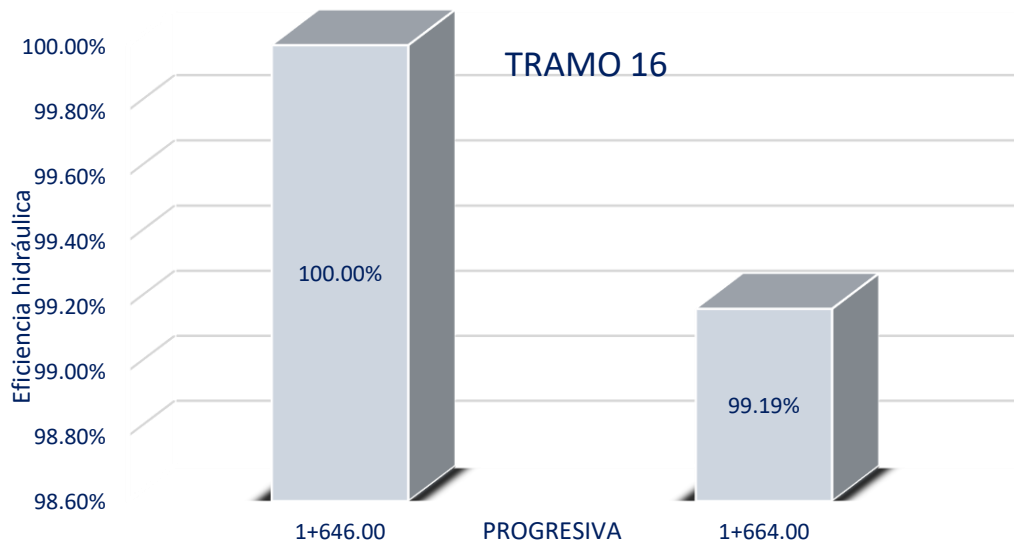
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	1+646.00	189.301	1.531	99.19%
2	1+664.00	187.771		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico complementa visualmente la información de la tabla, mostrando la comparación directa entre ambas progresivas.

Figura 55

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°16: 1+646.00 – 1+664.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 17 presenta los valores de caudal medidos en las progresivas 1+664.00 y 1+829.00, permitiendo identificar la pérdida de flujo y estimar la eficiencia hidráulica del tramo. En esta sección, el caudal disminuye de 187.771 l/s a 187.122 l/s, lo que representa una pérdida de 0.649 l/s, equivalente a una eficiencia hidráulica de 99.65 %.

Tabla 64

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°17: 1+664.00 – 1+829.00

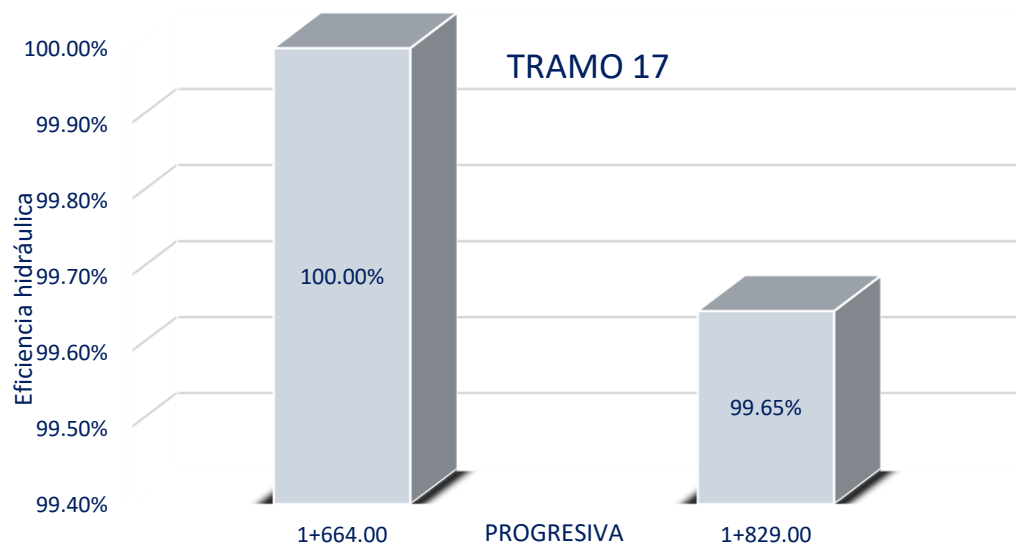
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	1+664.00	187.771	0.649	99.65%
2	1+829.00	187.122		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado refuerza esta lectura al mostrar visualmente la variación del caudal entre ambas progresivas.

Figura 56

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°17: 1+664.00 – 1+829.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 18 presenta los caudales medidos en las progresivas 1+829.00 y 1+847.00, mostrando la variación del flujo y permitiendo calcular la pérdida y la eficiencia hidráulica del tramo. En este caso, el caudal disminuye de 187,122 l/s a 186,431 l/s, generando una pérdida de 0,691 l/s, lo que se traduce en una eficiencia hidráulica de 99,63 %.

Tabla 65

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°18: 1+829.00 – 1+847.00

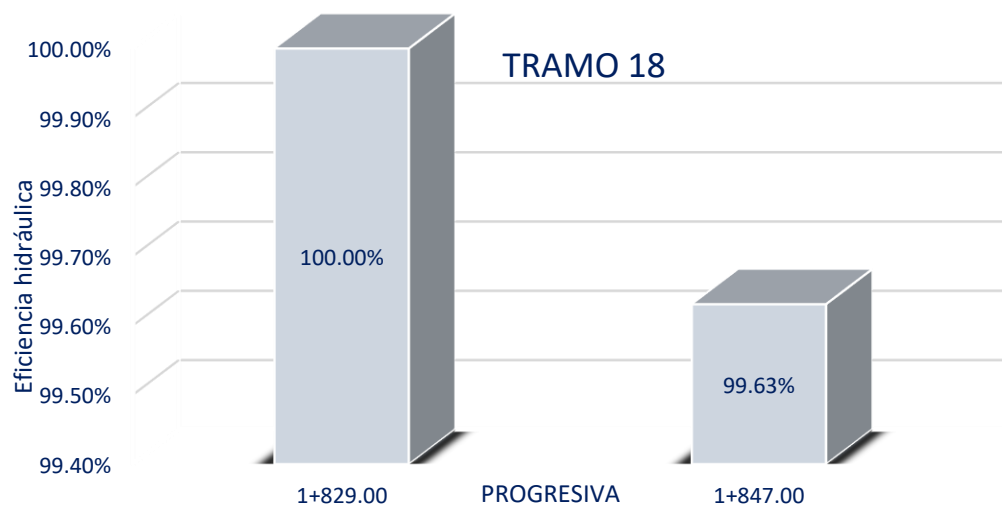
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	1+829.00	187.122	0.691	99.63%
2	1+847.00	186.431		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico complementa visualmente esta información al mostrar la caída del caudal entre ambas progresivas, donde la barra correspondiente a la progresiva 1+847.00 es apenas menor que la inicial.

Figura 57

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°18: 1+829.00 – 1+847.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 19 presenta los caudales medidos en las progresivas 1+847.00 y 2+130.00, permitiendo identificar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica asociada a este tramo. El caudal disminuye de 186,431 l/s a 181,046 l/s, lo que representa una pérdida de 5,385 l/s y una eficiencia hidráulica de 97,11 %.

Tabla 66

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°19: 1+847.00 – 2+130.00

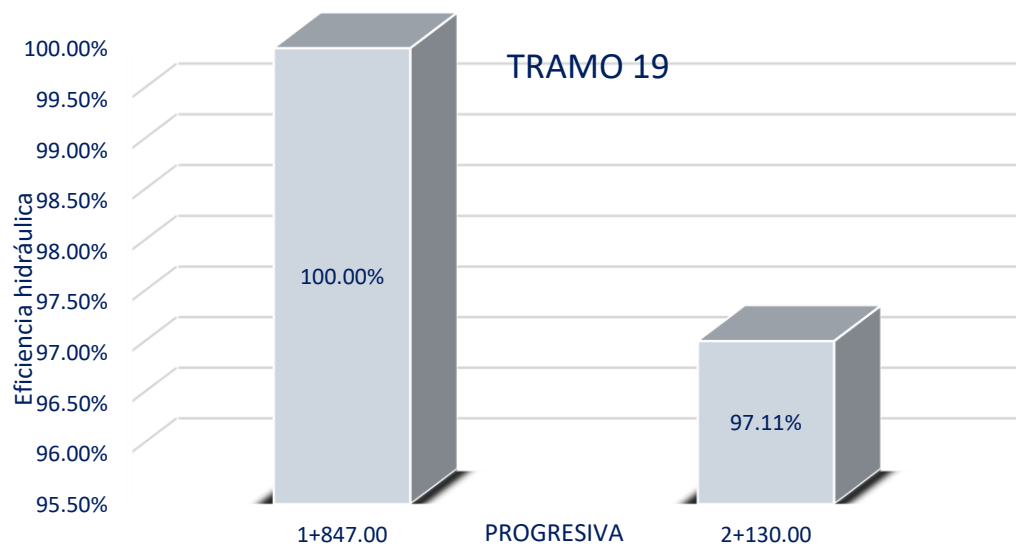
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	1+847.00	186.431	5.385	97.11%
2	2+130.00	181.046		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado refuerza esta interpretación al mostrar de manera visual la caída significativa del caudal entre ambas progresivas.

Figura 58

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°19: 1+847.00 – 2+130.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 20 presenta los caudales registrados en las progresivas 2+130.00 y 2+148.00, permitiendo cuantificar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica del tramo. En este caso, el caudal desciende de 181,046 l/s a 180,647 l/s, lo que representa una pérdida muy reducida de 0,399 l/s y una eficiencia hidráulica de 99,78 %.

Tabla 67

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°20: 2+130.00 – 2+148.00

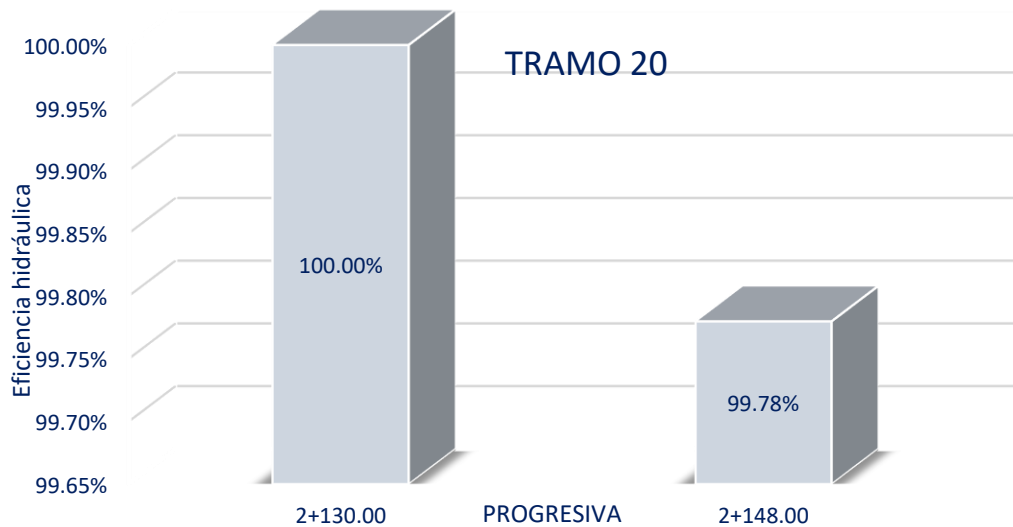
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	2+130.00	181.046	0.399	99.78%
2	2+148.00	180.647		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado complementa esta información mostrando la diferencia leve entre las barras correspondientes a ambas progresivas, lo que evidencia visualmente que la pérdida de caudal es prácticamente marginal.

Figura 59

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°20: 2+130.00 – 2+148.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 21 muestra los caudales registrados en las progresivas 2+148.00 y 2+408.00, permitiendo evaluar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica en este sector del canal. El caudal disminuye de 180,647 l/s a 178,831 l/s, lo que evidencia una pérdida de 1,816 l/s, asociada a una eficiencia hidráulica de 98,99 %.

Tabla 68

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°21: 2+148.00 – 2+408.00

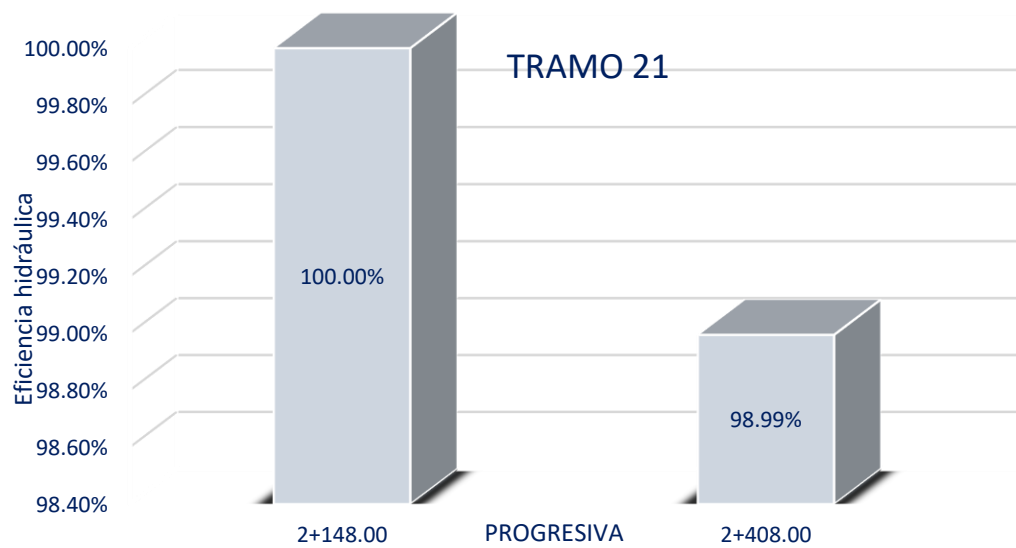
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	2+148.00	180.647	1.816	98.99%
2	2+408.00	178.831		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico complementa esta información mostrando visualmente la reducción del caudal entre ambas progresivas.

Figura 60

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°21: 2+148.00 – 2+408.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 22 presenta los caudales obtenidos en las progresivas 2+408.00 y 2+426.00, mostrando la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica en este tramo específico. El caudal disminuye ligeramente de 178,831 l/s a 178,308 l/s, lo que representa una pérdida de 0,523 l/s y una eficiencia hidráulica de 99,71 %.

Tabla 69

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°22: 2+408.00 – 2+426.00

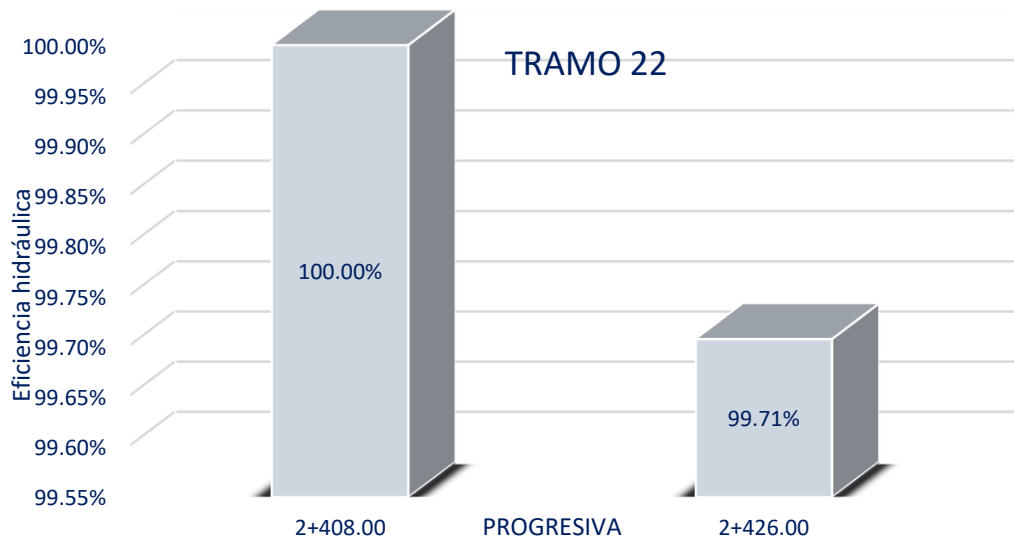
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	2+408.00	178.831	0.523	99.71%
2	2+426.00	178.308		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado refuerza esta interpretación mostrando visualmente la mínima reducción del caudal entre las progresivas evaluadas.

Figura 61

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°22: 2+408.00 – 2+426.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 23 presenta los caudales medidos en las progresivas 2+426.00 y 2+642.00, con el objetivo de cuantificar la pérdida de caudal y determinar la eficiencia hidráulica del tramo. En este caso, el caudal disminuye de 178,308 l/s a 175,733 l/s, generando una pérdida de 2,575 l/s, lo que se traduce en una eficiencia hidráulica de 98.56 %.

Tabla 70

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°23: 2+426.00 – 2+642.00

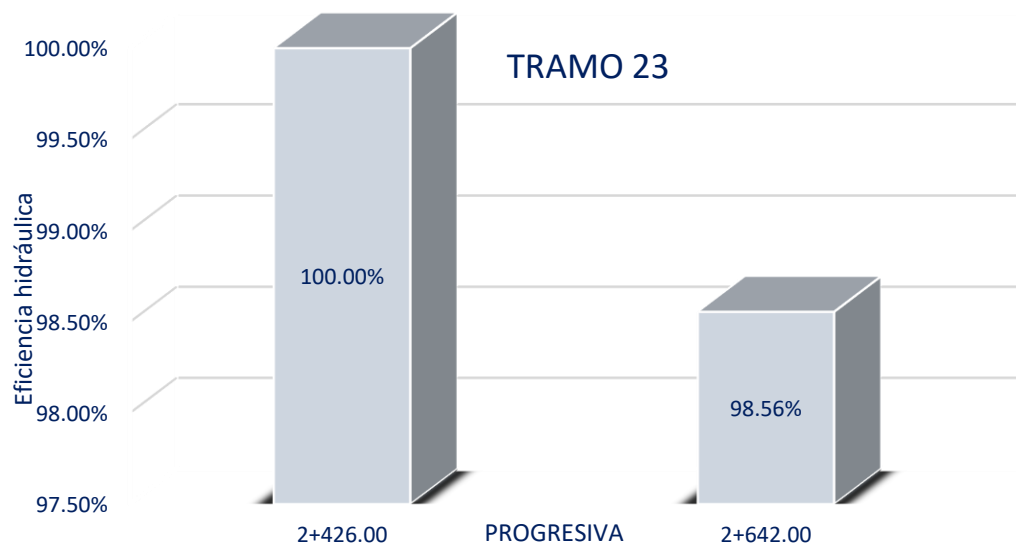
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	2+426.00	178.308	2.575	98.56%
2	2+642.00	175.733		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado permite visualizar de manera clara esta reducción del caudal, evidenciada por la diferencia entre las barras correspondientes a cada progresiva.

Figura 62

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°23: 2+426.00 – 2+642.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 24 presenta los caudales evaluados en las progresivas 2+642.00 y 2+660.00, permitiendo determinar la pérdida de caudal y la eficiencia hidráulica en este segmento del canal. En este tramo, el caudal disminuye de 175,733 l/s a 175,048 l/s, registrándose una pérdida de 0,685 l/s, lo cual representa una eficiencia hidráulica de 99,61 %.

Tabla 71

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°24: 2+642.00 – 2+666.00

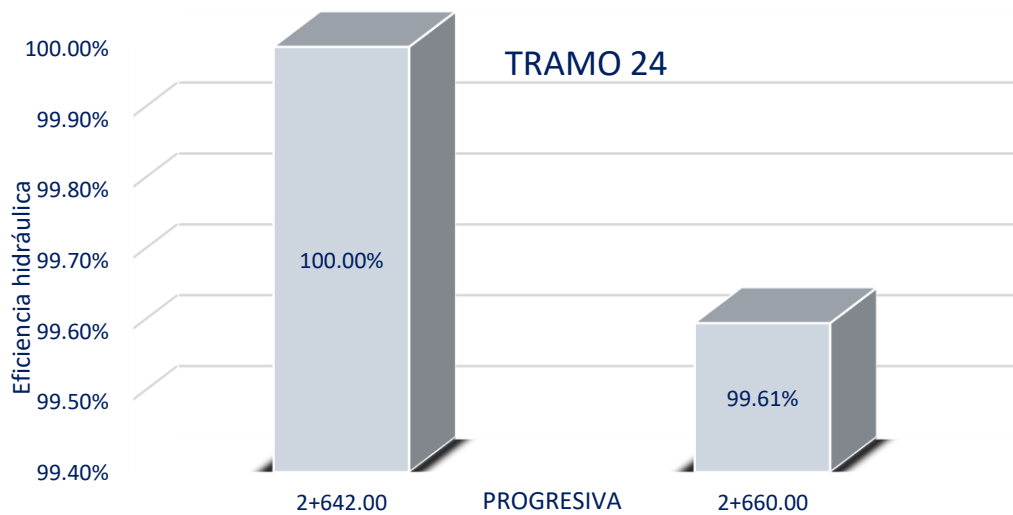
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	2+642.00	175.733	0.685	99.61%
2	2+660.00	175.048		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado complementa visualmente la información de la tabla, mostrando la diferencia de caudal entre ambas progresivas mediante barras comparativas.

Figura 63

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°24: 2+642.00 – 2+666.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 25 registra los caudales medidos en las progresivas 2+660.00 y 2+880.00, permitiendo identificar la pérdida de caudal y evaluar la eficiencia hidráulica en este segmento del canal. El caudal disminuye de 175,048 l/s a 173,435 l/s, lo que representa una pérdida de 1,613 l/s y una eficiencia hidráulica de 99,08 %.

Tabla 72

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°25: 2+666.00 – 2+880.00

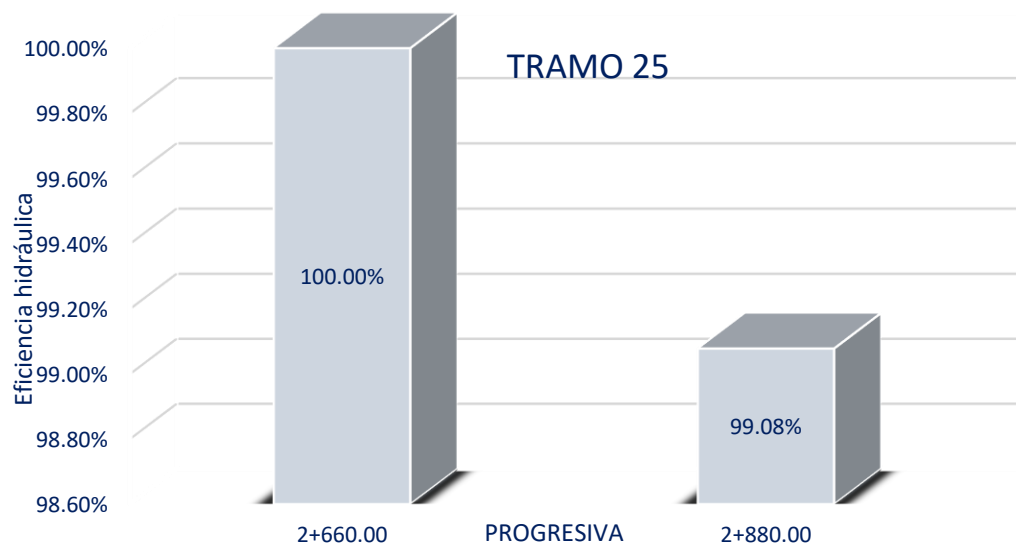
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	2+660.00	175.048	1.613	99.08%
2	2+880.00	173.435		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico correspondiente complementa de forma visual la información de la tabla, mostrando la variación del caudal entre ambas progresivas y destacando el porcentaje de eficiencia alcanzado.

Figura 64

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°25: 2+666.00 – 2+880.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 26 presenta los caudales medidos en las progresivas 2+880.00 y 2+897.00, permitiendo cuantificar la pérdida de caudal y evaluar la eficiencia hidráulica en este corto segmento del canal. El caudal disminuye de 173,435 l/s a 171,584 l/s, lo que representa una pérdida de 1,850 l/s, equivalente a una eficiencia hidráulica de 98,93 %.

Tabla 73

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°26: 2+880.00 – 2+897.00

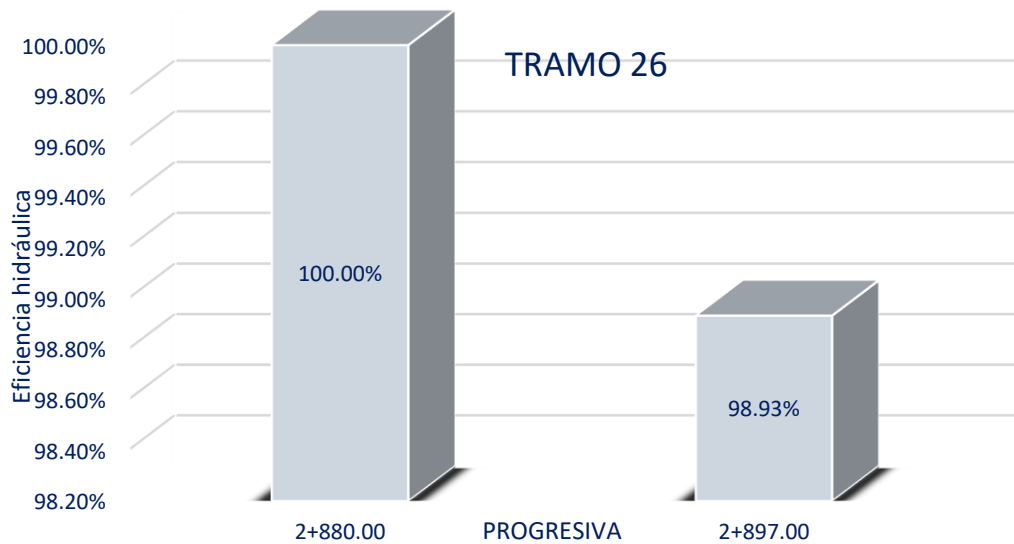
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	2+880.00	173.435	1.850	98.93%
2	2+897.00	171.584		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado refuerza visualmente la información consignada en la tabla, mostrando la variación del caudal entre ambas progresivas

Figura 65

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°26: 2+880.00 – 2+897.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 27 presenta los valores de caudal medidos en las progresivas 2+897.00 y 3+118.00, permitiendo evaluar la magnitud de la pérdida de agua y la eficiencia hidráulica en este tramo del canal. El caudal disminuye de 171,584 l/s a 168.103 l/s, registrándose una pérdida de 3,481 l/s, lo que se traduce en una eficiencia hidráulica de 97,97 %.

Tabla 74

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°27: 2+897.00 – 3+118.00

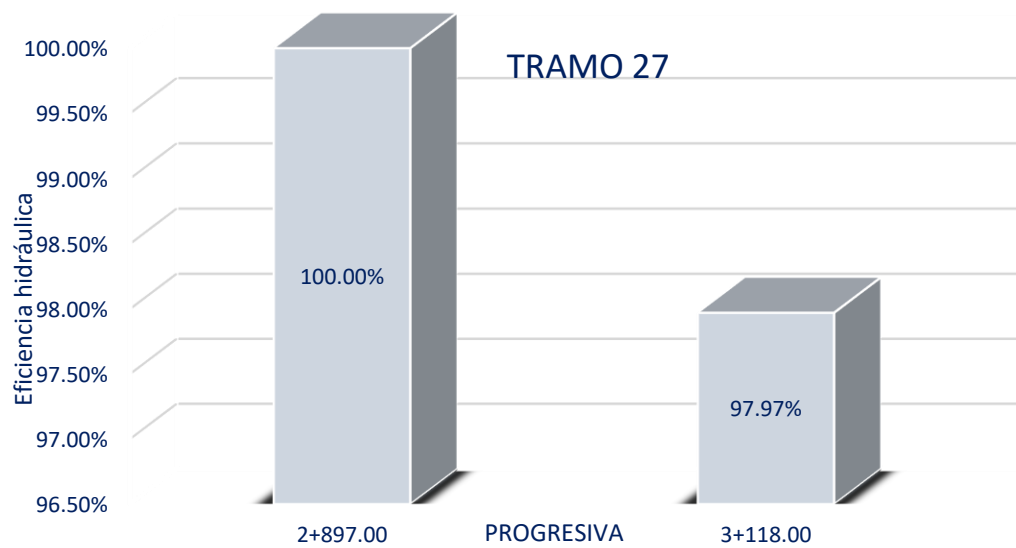
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	2+897.00	171.584	3.481	97.97%
2	3+118.00	168.103		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado muestra de manera clara la variación del caudal entre ambas progresivas, representando visualmente la eficiencia del 97,97 %.

Figura 66

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°27: 2+897.00 – 3+118.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo N.º 28 presenta los caudales registrados en las progresivas 3+118.00 y 3+136.00, permitiendo evaluar la pérdida de flujo y la eficiencia hidráulica en este corto tramo del canal. El caudal disminuye de 168,103 l/s a 166,292 l/s, lo que representa una pérdida de 1,811 l/s y una eficiencia hidráulica de 98,92 %.

Tabla 75

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°28: 3+118.00 – 3+136.00

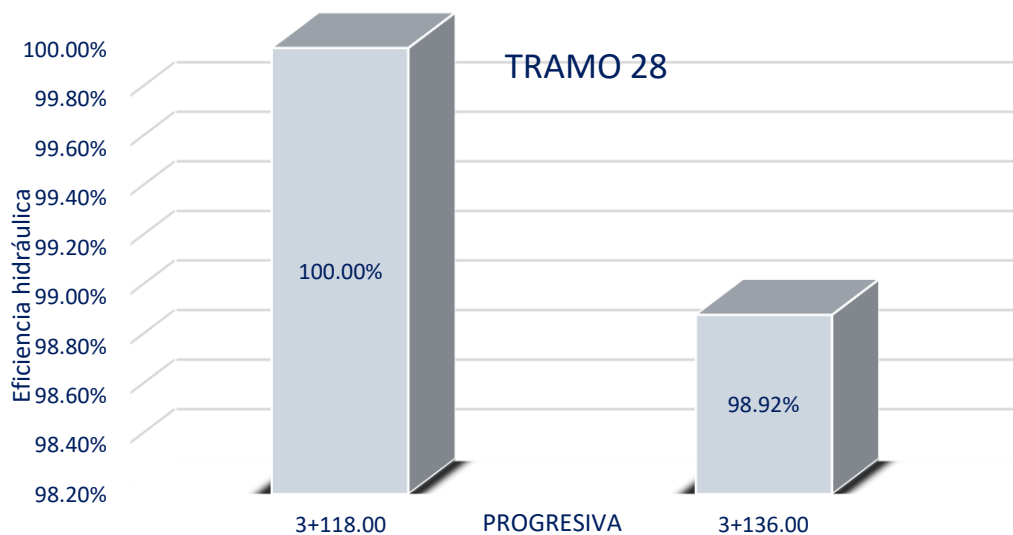
N° PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	3+118.00	168.103	1.811	98.92%
2	3+136.00	166.292		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado refuerza visualmente estos resultados, mostrando la reducción del caudal entre las progresivas analizadas mediante la diferencia entre las barras, e ilustrando la eficiencia del 98.92 %.

Figura 67

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°28: 3+118.00 – 3+136.00



Nota. Elaboración Propia.

La tabla correspondiente al Tramo final N.º 29 el cual presenta los caudales registrados entre las progresivas 3+136.00 y 3+240.00, permitiendo evaluar la pérdida de flujo y la eficiencia hidráulica en este tramo final del canal. El caudal desciende de 166,292 l/s a 163,121 l/s, lo que representa una pérdida de 3,171 l/s y una eficiencia hidráulica de 98,09 %.

Tabla 76

Pérdidas y Eficiencia hidráulica en el tramo N°29: 3+136.00 – 3+240.00

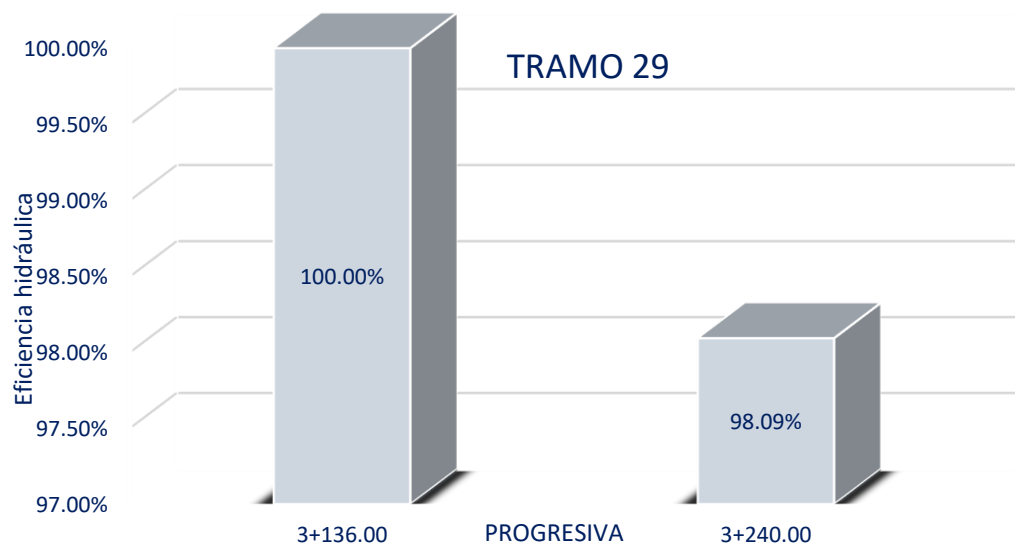
Nº PUNTO	PROGRESIVA	Caudal (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo
1	3+136.00	166.292	3.171	98.09%
2	3+240.00	163.121		

Nota. Elaboración Propia.

El gráfico correspondiente complementa estos datos, mostrando de manera visual la disminución del caudal a través de la comparación de barras entre ambas progresivas, evidenciando la eficiencia alcanzada del 98,09 %.

Figura 68

Gráfico de eficiencia hidráulica en el tramo N°29: 3+136.00 – 3+240.00



Nota. Elaboración Propia.

4.3.2. Resumen de cálculo de la eficiencia hidráulico del lateral “C”

La tabla presentada consolida los resultados de los 29 tramos evaluados, mostrando para cada uno el caudal inicial y final, la pérdida registrada, la eficiencia hidráulica por tramo y la eficiencia acumulada respecto al caudal de ingreso al canal. Su función principal es permitir identificar, de manera ordenada y cuantitativa, cómo se comporta el flujo a lo largo de toda la infraestructura, localizando los sectores con mayores pérdidas y estimando la eficiencia global del sistema.

Tabla 77*Eficiencia hidráulica del lateral "C": Por tramos y acumulado*

TRAMO	COMIENZO	PROGRESIVA	CAUDAL (l/s)	Pérdida (l/s)	Eficiencia en el tramo (%)	Eficiencia hidráulica (%)
1	INICIO	0+000.00	225.75	3.583	98.41%	98.41%
	FIN	0+144.00	222.17			
2	INICIO	0+144.00	222.17	0.870	99.61%	98.03%
	FIN	0+150.00	221.30			
3	INICIO	0+150.00	221.30	5.506	97.51%	95.59%
	FIN	0+305.00	215.79			
4	INICIO	0+305.00	215.79	0.418	99.81%	95.40%
	FIN	0+330.00	215.37			
5	INICIO	0+330.00	215.37	4.718	97.81%	93.31%
	FIN	0+490.00	210.66			
6	INICIO	0+490.00	210.66	0.388	99.82%	93.14%
	FIN	0+508.00	210.27			
7	INICIO	0+508.00	210.27	6.506	96.91%	90.26%
	FIN	0+810.00	203.76			
8	INICIO	0+810.00	203.76	2.187	98.93%	89.29%
	FIN	0+825.00	201.57			
9	INICIO	0+825.00	201.57	5.144	97.45%	87.01%
	FIN	1+041.00	196.43			
10	INICIO	1+041.00	196.43	1.436	99.27%	86.38%
	FIN	1+058.00	194.99			
11	INICIO	1+058.00	194.99	2.318	98.81%	85.35%
	FIN	1+204.00	192.68			
12	INICIO	1+204.00	192.68	0.920	99.52%	84.94%
	FIN	1+222.00	191.76			
13	INICIO	1+222.00	191.76	0.767	99.60%	84.60%
	FIN	1+432.00	190.99			
14	INICIO	1+432.00	190.99	0.613	99.68%	84.33%
	FIN	1+450.00	190.37			
15	INICIO	1+450.00	190.37	1.074	99.44%	83.85%
	FIN	1+646.00	189.30			
16	INICIO	1+646.00	189.30	1.531	99.19%	83.18%
	FIN	1+664.00	187.77			
17	INICIO	1+664.00	187.77	0.649	99.65%	82.89%

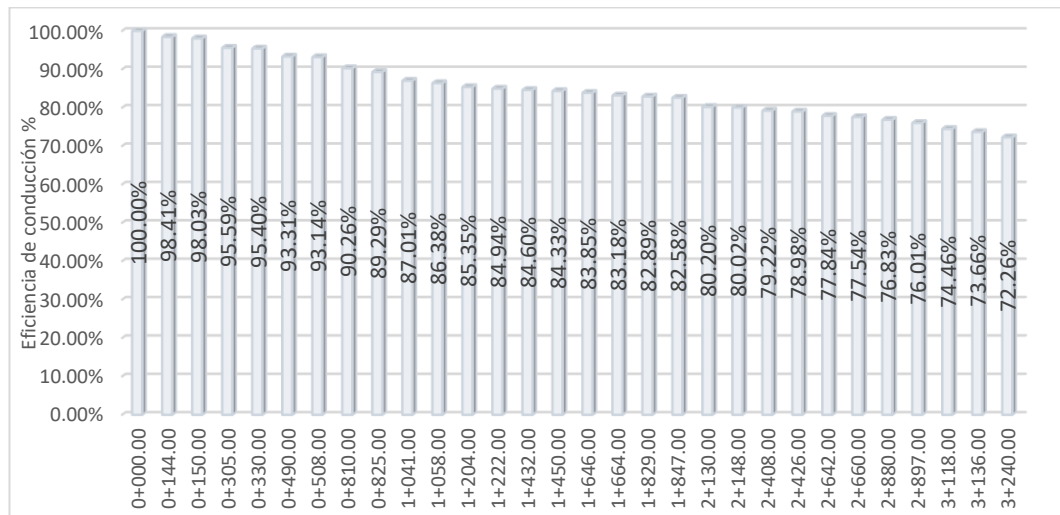
	FIN	1+829.00	187.12			
18	INICIO	1+829.00	187.12	0.691	99.63%	82.58%
	FIN	1+847.00	186.43			
19	INICIO	1+847.00	186.43	5.385	97.11%	80.20%
	FIN	2+130.00	181.05			
20	INICIO	2+130.00	181.05	0.399	99.78%	80.02%
	FIN	2+148.00	180.65			
21	INICIO	2+148.00	180.65	1.816	98.99%	79.22%
	FIN	2+408.00	178.83			
22	INICIO	2+408.00	178.83	0.523	99.71%	78.98%
	FIN	2+426.00	178.31			
23	INICIO	2+426.00	178.31	2.575	98.56%	77.84%
	FIN	2+642.00	175.73			
24	INICIO	2+642.00	175.73	0.685	99.61%	77.54%
	FIN	2+660.00	175.05			
25	INICIO	2+660.00	175.05	1.613	99.08%	76.83%
	FIN	2+880.00	173.43			
26	INICIO	2+880.00	173.43	1.850	98.93%	76.01%
	FIN	2+897.00	171.58			
27	INICIO	2+897.00	171.58	3.481	97.97%	74.46%
	FIN	3+118.00	168.10			
28	INICIO	3+118.00	168.10	1.811	98.92%	73.66%
	FIN	3+136.00	166.29			
29	INICIO	3+136.00	166.29	3.171	98.09%	72.26%
	FIN	3+240.00	163.12			

Nota. Elaboración Propia.

la tabla evidencia que, aunque algunos tramos presentan pérdidas mínimas —con eficiencias superiores al 99 %— existen otros segmentos donde el caudal disminuye de forma más significativa, especialmente en zonas con mayor longitud. Este comportamiento acumulado se refleja en la columna de “Eficiencia hidráulica (%)”, donde se observa una reducción progresiva desde el 100 % en la progresiva 0+000.00 hasta un 72,26 % en la progresiva final 3+240.00.

Figura 69

Gráfico de eficiencia hidráulica del canal lateral "C"



Nota. Elaboración Propia.

El gráfico asociado complementa visualmente esta información, mostrando la tendencia descendente de la eficiencia de conducción a lo largo de la progresiva del canal. El descenso sostenido confirma que las pérdidas, si bien pequeñas en tramos específicos, se van acumulando de manera relevante a escala general, lo que explica la disminución registrada al final del recorrido.

En síntesis, la combinación de tabla y gráfico permite identificar claramente los tramos críticos —como los tramos 1, 3, 5, 7, 9, 19 y 27— que concentran las mayores pérdidas, así como valorar la eficiencia hidráulica total del canal.

4.4. CARACTERÍSTICAS DEL CANAL

La caracterización del estado actual del canal a lo largo de todo el lateral "C", desde la progresiva 0+000.00 hasta 3+247.20 fueron determinadas mediante fotografías, las cuales ilustran posibles causas de pérdidas de caudal.

En la progresiva 0+000.00 se observó la compuerta metálica de captación con signos de oxidación superficial, lo que podría dificultar su operación en un futuro y generar fugas de agua por los bordes.

Figura 70

Estado de la compuerta de captación lateral "C": Progresiva 0+000.00



Nota. Elaboración Propia.

En la progresiva 0+120.00 se identificó un sifón rústico empotrado en el lado derecho del canal, el cual no forma parte del diseño original. Esta conexión

improvisada provoca una derivación no controlada del caudal, afectando la eficiencia hidráulica de conducción del sistema aguas abajo.

La falta de un mecanismo de regulación ocasiona pérdidas continuas de agua, alteración del flujo y turbulencias locales que podrían generar erosión y fisuras en el revestimiento del canal. Además, se observa vegetación acumulada a lo largo del canal, lo que incrementa la rugosidad y reduce la sección de diseño; lo cual genera variaciones en la velocidad del flujo.

Figura 71

Sifón rústico en la progresiva 0+120.00



Nota. Elaboración Propia.

En la progresiva 0+200.00, se identificó una abertura lateral en el muro del canal, presumiblemente producto de una intervención como medida de riego. Sin embargo, esta abertura constituye un punto de fuga potencial de caudal, que

podría generar desbordamientos durante caudales máximos, provocando pérdidas significativas de agua hacia los terrenos adyacentes.

Figura 72

Abertura lateral en la progresiva 0+200.00



Nota. Elaboración Propia.

En la progresiva 0+280.00 – 0+400.00 se evidenció una notoria acumulación de vegetación dentro del canal, lo que ha reducido el área útil de conducción. La presencia de maleza incrementa la rugosidad, disminuye la velocidad del flujo y favorece la retención de sólidos.

Además, la colmatación genera sobreelevación del tirante y posibles filtraciones laterales. Esta condición refleja falta de mantenimiento del canal de riego.

Figura 73

Acumulación de vegetación y colmatación en la progresiva 0+400.00



Nota. Elaboración Propia.

En la progresiva 0+550.00 se evidenció una alta acumulación de sedimentos y material vegetal, lo que reduce el área útil del canal y afecta su eficiencia hidráulica. Esta colmatación incrementa la rugosidad del fondo, disminuye la velocidad del flujo y puede generar desbordes y filtraciones en los bordes.

Figura 74

Colmatación severa por sedimentos y vegetación en la progresiva 0+550.00



Nota. Elaboración Propia.

En la progresiva 0+900.00 se observó crecimiento de vegetación sobre las juntas del canal, lo que puede generar filtraciones y pérdida de caudal por la penetración de raíces, más aún si la vegetación penetra la base del canal. Esta condición debilita el sellado, incrementa la rugosidad del flujo y puede comprometer la estabilidad estructural.

Figura 75

Vegetación sobre juntas en la progresiva 0+900.00



Nota. Elaboración Propia.

En la progresiva 1+200.00 se evidenció una alta acumulación de sedimentos y material vegetal

Figura 76

Acumulación de material vegetal en la progresiva 1+200.00



Nota. Elaboración Propia.

En la progresiva 1+920.00 se detectó una tubería al lado inferior derecho del canal; lo cual genera pérdida descontrolada de caudal.

Figura 77

Presencia de tubería en lado inferior derecho de canal en la progresiva:1+920.00



Nota. Elaboración Propia.

En la progresiva 1+935.00 se detectó humedad en el talud derecho, señal de una posible fuga o filtración del canal. Esta condición puede generar erosión, pérdida de caudal y debilitamiento estructural, reduciendo la eficiencia hidráulica de conducción. Se recomienda sellar fisuras y/o juntas para evitar futuras pérdidas.

Figura 78

Humedad en talud derecho, indicador de filtración en la progresiva 1+935.00



Nota. Elaboración Propia.

En la progresiva 2+500.00 se identificó una derivación rústica excavada en tierra desde la compuerta hacia una parcela, lo que ocasiona pérdidas significativas por infiltración y erosión. Esta práctica reduce la eficiencia hidráulica y afecta la distribución del caudal. Se recomienda revestir la derivación del sub lateral o ser canalizarla con tubería PVC para optimizar el uso del agua.

Figura 79

Sub-lateral rústica de tierra en la progresiva 2+500.00



Nota. Elaboración Propia.

En la progresiva 3+050.00 se identificó relleno suelto junto a los taludes del canal, lo que puede ocasionar deslizamientos de material hacia el interior del canal y acumulación de sedimentos. Esta condición podría reducir el área hidráulica, aumentando la rugosidad y disminuyendo la eficiencia de conducción. Se recomienda retiro del material suelto y compactación controlada de los laterales del canal.

Figura 80

Relleno suelto en corona en la progresiva 3+050.00



Nota. Elaboración Propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar el comportamiento hidráulico del canal trapezoidal lateral "C", comprendido entre las progresivas 0+000.00 y 3+247.20, mediante la medición directa del caudal, la determinación de tirantes y velocidades locales, y la inspección física integral del estado de la infraestructura. Los resultados obtenidos permiten establecer una relación clara entre el desempeño hidráulico del canal y las condiciones estructurales y operativas observadas durante el trabajo de campo.

1. Discusión del Objetivo Específico 1: Determinar la variación de tirantes y velocidades a lo largo del canal.

Resultado Obtenido: El análisis de los 30 aforos realizados a lo largo del canal lateral "C", desde la progresiva KM 0+000 al KM 3+240.00, evidenció una alta fluctuación en el régimen hidráulico. El tirante mostró una disminución significativa, pasando 0,64 m en la progresiva 0+000 a un valor mínimo de 0,123 m en la progresiva 2+130. En contraste, la velocidad alcanzó un pico máximo de 2,351 m/s precisamente en dicha progresiva, lo que provoca un régimen de flujo altamente supercrítico, con un número de Froude de 2,14. Este comportamiento se repite con otros tramos caracterizados por bajos tirantes, como en la progresiva 0+305, donde se registró una velocidad de 2.116 m/s, lo que evidencia una inestabilidad hidráulica asociada a la reducción de la sección hidráulica efectiva.

Contraste con Base Teórica: Según Chow (1959), la alta variabilidad del tirante y la velocidad constituye un indicador de la presencia de pérdidas de caudal y/o cambios bruscos en la sección transversal o en la pendiente del canal. En este sentido, la aceleración de la velocidad hasta 2,351 m/s, junto con la presencia de un régimen supercrítico ($Fr > 1$), confirma la inestabilidad del flujo observada en el tramo analizado. Asimismo, Villón Béjar (1995) señala que, si bien las velocidades se encuentran por debajo de la velocidad máxima permisible para canales de concreto, cercana a 3.0 m/s, la proximidad a este límite, combinada con un régimen supercrítico, incrementa el riesgo de erosión localizada, socavación y generación de turbulencias. Estos fenómenos favorecen la disipación de energía y pueden ocasionar daños estructurales a largo plazo, lo que valida la necesidad de optimizar la sección hidráulica.

Comparación con Antecedentes: Los resultados obtenidos coincide con la investigación desarrollada por Ticona Parihuana (2024) en la región de Tacna, quien identificó problemas asociados a pendientes inadecuados y desbordes que afectaban la estabilidad del flujo y la eficiencia hidráulica del sistema. El patrón observado en el presente estudio — caracterizado por pérdidas localizadas que obligan al flujo a acelerarse al atravesar secciones reducidas — refuerza el diagnóstico de la existencia de deficiencias estructurales o de mantenimiento, las cuales alteran el perfil del flujo y dificultan la variación uniforme de los parámetros hidráulicos.

2. Discusión del Objetivo Específico 2: Cuantificar las variaciones de caudal que fluyen en el canal.

Resultado Obtenido: La cuantificación de caudales evidenció que el canal lateral "C" presenta una pérdida total de 62,63 l/s a lo largo de sus 3,2472 km de recorrido, al disminuir de 225,75 l/s en la cabecera a 163,12 l/s en el tramo final. Esta variación representa una pérdida de caudal del 27,74 %, lo que corresponde a una eficiencia de conducción global del 72,26 %. La Tabla 76 identifica tramos críticos como los tramos 7, 9, 19, 27 y 29, en los que se concentran las mayores caídas de caudal, lo que sugiere la presencia de fugas puntuales o derivaciones no controladas, más que un proceso de infiltración uniforme a lo largo del canal.

Contraste con Base Teórica: La eficiencia de conducción del 72,26 % se encuentra significativamente por debajo del valor óptimo del 95 % recomendado por la FAO (2012) para canales revestidos de concreto. La pérdida de más de una cuarta parte del caudal transportado (27,74 %) evidencia una disminución sustancial en el desempeño hidráulico del sistema, lo que indica que la infraestructura no está cumpliendo adecuadamente su función de conducción eficiente. Al respecto, Villón Béjar (1995) señala que este tipo de pérdidas suele estar asociado a fallas estructurales, como filtraciones, así como a deficiencias operacionales, tales como fugas o tomas no controladas, lo cual resulta consistente con la presencia de los tramos críticos identificados durante los aforos.

Comparación con Antecedentes: La eficiencia obtenida se sitúa en un rango inferior en comparación con otros estudios realizados en canales revestidos de la región. En particular, es comparable con la eficiencia del 75.11 % reportada por Manrique Yahua (2023) en Arequipa y con el 78.82 % registrada por Ortiz Calle et al. (2021) en Ecuador, lo que confirma que la deficiencia en el mantenimiento estructural constituye una problemática recurrente que limita la eficiencia hidráulica de estos sistemas. En contraste, el valor obtenido se opone a la eficiencia de conducción del 96.40 % documentada por Vela Romero (2019), lo que establece un margen significativo de mejora y pone de manifiesto la magnitud de las pérdidas existentes en el canal lateral "C" en comparación con sistemas adecuadamente operados.

3. Discusión del Objetivo Específico 3: Evaluar el estado actual de la infraestructura hidráulica del canal.

Resultado Obtenido: La inspección física de la infraestructura, complementada con evidencia fotográfica, permitió corroborar los resultados hidráulicos e identificar múltiples factores responsables de la pérdida de caudal y del incremento de la rugosidad a lo largo del canal.

- Daño Operacional y Derivaciones Ilegales: se identificó la presencia de un sifón rústico no diseñado en la progresiva 0+120.00, una abertura lateral de riego en la progresiva 0+200.00 y una sublateral rústica de tierra en la progresiva 2+500.00, los cuales constituyen fuentes directas de fugas y

derivaciones no controladas que explican los puntos de mayor pérdida de caudal.

- Falta de Mantenimiento: Se caracteriza por colmatación severa debido a la acumulación de sedimentos y vegetación en diversos tramos (por ejemplo, en las progresivas 0+400.00 y 1+200.00), así como crecimiento vegetal sobre las juntas del canal en la progresiva 0+900.00.
- Fallas Estructurales: la presencia de humedad en el talud derecho en la progresiva 1+935.00, lo que sugiere la existencia de filtraciones a través de las juntas o de la base del canal.

Contraste con Base Teórica: De acuerdo con Chow (1959), la colmatación y el crecimiento de vegetación incrementan el coeficiente de rugosidad de Manning (n) por encima del valor de diseño para canales de concreto, lo que reduce la velocidad del flujo y el área hidráulica efectiva, contribuyendo a la disminución del tirante. Más allá del efecto de la fricción, la presencia de filtraciones evidenciadas por la humedad en los taludes, así como la existencia de derivaciones rústicas, como el sifón y la sublateral de tierra, confirman las principales vías de pérdida del recurso hídrico. En este contexto, Villón Béjar (1995) clasifica estos problemas como fallas operacionales y estructurales que deben ser corregidas para optimizar la eficiencia de conducción del sistema.

Comparación con Antecedentes: Los hallazgos relacionados con deficiencias en la infraestructura y el mantenimiento concuerdan con estudios previos realizados en la región. Manrique Yahua (2023) concluyó que la baja eficiencia de conducción se debía principalmente al deterioro de las juntas y a un mantenimiento deficiente, lo cual es consistente con la humedad observada en los taludes y el crecimiento de vegetación sobre las juntas del canal lateral “C”.

De manera similar, Ticona Parihuana (2024) identificó la sedimentación y la presencia de fisuras en las juntas como factores determinantes en la reducción de la eficiencia hidráulica. Asimismo, la existencia de sistemas rústicos de derivación, como el sifón y la sublateral de tierra, respalda la conclusión de Vela Romero (2019), quien señala que la eficiencia global de los canales depende en mayor medida del manejo técnico y administrativo del recurso hídrico que de la infraestructura física en sí misma.

4. Discusión del Objetivo General: Determinar la eficiencia de la infraestructura hidráulica del canal trapezoidal lateral “C”

Resultado Obtenido: La eficiencia de conducción global del canal trapezoidal lateral “C” fue determinada en 72,26 %, con una pérdida total del 27,74 % del caudal inicial.

Contraste de Hipótesis: La hipótesis general de investigación (H1) planteó que la eficiencia hidráulica del canal trapezoidal lateral “C” sería superior al 50 %, considerando que la infraestructura presenta una antigüedad no mayor a

tres años. Dado que la eficiencia determinada alcanza el 72,26 %, valor superior al umbral establecido, se acepta la hipótesis de investigación (H1) y se rechaza la hipótesis nula (H0). Este resultado confirma que el revestimiento de concreto contribuye a mantener la eficiencia por encima del 50 %, tal como se planteó inicialmente. No obstante, el valor obtenido se encuentra significativamente por debajo del nivel óptimo de referencia (95 %), lo que evidencia que, a pesar de contar con infraestructura revestida, la presencia de fallas estructurales y operacionales —tales como derivaciones rústicas, colmatación y fugas— limita el desempeño hidráulico del canal.

Comparación con Antecedentes: La eficiencia de conducción del 72.26 % se sitúa dentro del rango de desempeño observado en canales revestidos de la región que presentan deficiencias en la gestión y el mantenimiento. Este resultado guarda relación con el estudio desarrollado por Velazque Huallpa (2024) en Apurímac, quien reportó una eficiencia del 88.25 %, considerada aceptable, aunque inferior al estándar recomendado, debido a la existencia de pérdidas menores y a la necesidad de mantenimiento preventivo. En comparación, la eficiencia obtenida en el canal lateral “C” es menor, lo que pone de manifiesto una mayor magnitud de pérdidas y refuerza la necesidad de implementar acciones de revestimiento complementario y optimización del sistema, con el fin de incrementar la eficiencia de conducción y asegurar un aprovechamiento más eficiente del recurso hídrico, tal como lo recomienda Manrique Yahua (2023).

CONCLUSIONES

1. Conclusión del Objetivo General

Se determinó que la eficiencia hidráulica de conducción global del canal trapezoidal lateral "C" a lo largo de 3.2472 km es del 72,26%. Este resultado, aunque superior al 50% postulado en la hipótesis, indica una pérdida significativa del 27,74% del caudal inicial, lo que confirma que las fallas operacionales y la falta de mantenimiento impiden que el canal alcance la eficiencia óptima para una infraestructura revestida.

2. Conclusión del Objetivo Específico 1

Se determinó que la variación de los tirantes y velocidades a lo largo del canal es altamente fluctuante e inestable. Se registraron tirantes mínimos de 0.123m (Prog. 2+130) y velocidades máximas de 2,351 m/s en ese mismo punto. Esta inestabilidad provoca un régimen supercrítico en varios tramos, lo cual, según la teoría hidráulica, incrementa el riesgo de erosión localizada y socavación en la estructura, además de evidenciar una reducción en la sección efectiva de conducción.

3. Conclusión del Objetivo Específico 2

Se cuantificó que las variaciones de caudal resultaron en una pérdida total de 62,63 l/s (27,74% del caudal inicial de 225,75 l/s). Los tramos 1, 3, 5, 7, 9, 19 y 27 fueron identificados como los más críticos, concentrando las mayores

pérdidas de caudal, lo que sugiere que la deficiencia en la eficiencia de conducción está causada principalmente por filtraciones puntuales y derivaciones rústicas, más que por una infiltración uniforme.

4. Conclusión del Objetivo Específico 3

Se evaluó que el estado actual de la infraestructura hidráulica presenta deficiencias significativas en la condición estructural y las prácticas de mantenimiento (Variable Independiente). Estas fallas incluyen la presencia de:

Fallas Operacionales: Sifón rústico (Prog. 0+120.00) y sub-lateral de tierra (Prog. 2+500.00) que causan fugas no controladas.

Falta de Mantenimiento: Severa colmatación y acumulación de vegetación (Prog. 0+400.00, 1+200.00), lo que aumenta la rugosidad y disminuye la sección útil.

Fallas Estructurales: Humedad en el talud (Prog. 1+935.00), indicativo de filtraciones y pérdida directa de caudal.

RECOMENDACIONES

1. Recomendación sobre la Variable Independiente: Características del canal y prácticas de mantenimiento

Se recomienda a la municipalidad distrital de Ite con seguimiento del comité de usuarios del sector; implementar un programa de mantenimiento integral que incluya limpieza, descolmatación y reparaciones.

Este debe enfocarse en eliminar vegetación y sedimentos en los tramos críticos para recuperar la sección hidráulica, así como en sellar y revestir fallas operativas y estructurales (derivaciones rústicas, filtraciones y juntas) a fin de eliminar fugas puntuales y mejorar la eficiencia de conducción.

2. Recomendación sobre la Variable Dependiente: Eficiencia hidráulica de la infraestructura

Para aumentar la eficiencia de conducción (actualmente 72,26 %), se sugiere a la administración ejecutar un plan de optimización hídrica centrado en la cuantificación y control de las pérdidas:

Focalizar la inversión en el sellado y reparación de los tramos más críticos (1, 3, 5, 7, 9, 19 y 27) para asegurar la recuperación del caudal en las zonas de mayor pérdida.

Monitorear y controlar la velocidad y el tirante en las progresivas inestables para evitar condiciones supercríticas, lo que reducirá la disipación de energía y el riesgo de erosión en el revestimiento.

3. Recomendación sobre Ambas Variables: Mejorar la Gestión y Sostenibilidad

Se recomienda a la Junta de Usuarios o la Administración Técnica del Agua implementar un sistema de gestión y monitoreo periódico de las características del canal para sostener la eficiencia lograda.

Capacitar al personal en la detección temprana de filtraciones, en técnicas de descolmatación adecuadas y en la importancia del control de tomas rústicas.

Establecer un reglamento estricto para evitar las derivaciones no autorizadas (sifones rústicos y aberturas laterales) que comprometen la integridad estructural y la eficiencia de conducción del sistema.

Promover buenas prácticas de uso, mantenimiento y control del agua para asegurar una gestión eficiente del canal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2009). *Ley N.° 29338, Ley de Recursos Hídricos*.
Diario Oficial *El Peruano*. <https://www.ana.gob.pe>
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2014). *Manual de operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica menor de riego*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Resolución Jefatural N.° 107-2016-ANA: Lineamientos para determinar y establecer los parámetros de eficiencia para el aprovechamiento de los recursos hídricos*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2021). *Gestión eficiente de la infraestructura hidráulica en sistemas de riego*.
- Capcha, G. S., & Martínez, F. J. (2021). *Evaluación de eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad – Canal Huayao, Junín*. Universidad Nacional del Centro del Perú.

- Carhuas García, R. (2022). *Evaluación de tres técnicas de riego para la optimización de la eficiencia de riego en el cultivo de papa (Solanum tuberosum) en la comunidad de Jesús Nazareno de Chontaca* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica). <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7bcf3775-f683-4953-8fd9-67fe997e2e84/content>
- Carrasco, H. Y., & Gamonal, R. P. (2022). *Evaluación y mejoramiento del servicio de agua para riego de los canales Cadape, La Ladrillera y La Colorada del subsector de riego Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1989). *Irrigation water management: Irrigation scheduling*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012). *Irrigation water management: Irrigation efficiency*.
- Gálvez Cari, G. R., & Ramírez Moreno, Y. L. (2020). *Diseño hidráulico de un sistema hidropónico para optimizar la eficiencia de los recursos hídricos en la agricultura del distrito de La Yarada Los Palos* (Tesis de ingeniería, Universidad Privada de Tacna). <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1533>

- García Villanueva, N. H. (2016). *Operación de canales: Conceptos generales*.
- Krochin, S. (1978). *Diseño hidráulico* (1.ª ed.). Editorial Mir.
- Manrique Yahua, E. M. (2023). *Evaluación de eficiencia hidráulica del canal de abastecimiento entre centrales hidroeléctricas Charcani III, Charcani I y Charcani II* (Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de San Agustín).
<https://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/15269>
- Mays, L. W. (2001). *Water resources engineering*. John Wiley & Sons.
- Ministerio de Agricultura. (2006). *Manual de riego parcelario*.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Manual N.º 3: Mantenimiento de infraestructura de sistemas de riego* (2.ª ed.).
- Ortiz Calle, R., Pazmiño Mayorga, J., & Chile Asimbaya, M. (2021). Eficiencias en el sistema de riego Tumbaco, Ecuador. *Ciencia y Tecnología UT Ecuador*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i1.443>
- Quiliche Villanueva, J. (2021). *Evaluación de la eficiencia hidráulica del canal de riego San Pedro de Chopcca* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú).
- Ramos Quiliche, B. D., & Vega Arana, J. M. (2020). *Evaluación de máxima eficiencia hidráulica en canales trapezoidales y rectangulares revestidos de concreto* (Tesis de grado, Universidad Peruana Unión).
<http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3569>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2007). *Aprendiendo hidrometría*.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2011). *Manual de hidrometría*.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2018). *Manual de hidrometría*.

Ticona Parihuana, V. A. (2024). *Evaluación de las pérdidas de conducción y mejoramiento de la eficiencia hidráulica en el canal de riego Yesera* (Tesis de ingeniería, Universidad Continental).
<https://hdl.handle.net/20.500.12394/15846>

U.S. Bureau of Reclamation. (1974). *Design of small canal structures*.

Vela Romero, B. X. (2019). *Caracterización de la eficiencia de conducción y de distribución en el ramal Chichipata* (Tesis de ingeniería, Universidad Central del Ecuador). <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18598>

Velazque Huallpa, M. (2024). *Análisis de la eficiencia hidráulica en la estructura del canal de irrigación del distrito de Toraya* (Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes).
<https://hdl.handle.net/20.500.14512/816>

Villón Béjar, M. (1995). *Hidráulica de canales*. Universidad Nacional de Ingeniería.

ANEXOS

ANEXO A

Autorización para realizar aforo en el canal trapezoidal Lateral "C" – Documento emitido por la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Menor Locumba Clase A



JUNTA DE USUARIOS DEL SECTOR HIDRÁULICO MENOR LOCUMBA CLASE A

Asentamiento Humano Puente Camiara S/N - Locumba

juntadeusuarioslocumba@gmail.com

RUC: 20519889901

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

Locumba, 17 de octubre del 2025.

CARTA N° 070 – 2025 – JUSHMLCA

Señor:

Bach. LUIS DEMOSTENES RAMOS CHOQUE.

Dirección: Pasaje Cusco N° 1005, Asoc. Villa las Fresias.

Presente.-

ASUNTO: Autorización para realizar aforo en el canal trapezoidal lateral "C" – Localidad de Casa Blanca, Distrito de Ite.

Por medio de la presente, me dirijo a usted en atención a su solicitud, mediante la cual solicita autorización para ingresar y realizar el aforo en el canal trapezoidal lateral "C", ubicado en la localidad de Casa Blanca, distrito de Ite, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna. Dicho aforo tiene como finalidad efectuar mediciones de caudal con el propósito de determinar la eficiencia de conducción del mencionado canal, información que servirá como sustento técnico para la elaboración de la tesis titulada: *"Evaluación y Análisis de la Eficiencia Hidráulica del Canal Trapezoidal Lateral 'C', del Km 0+000 al Km 3+247.20 de la Localidad de Casa Blanca, Distrito de Ite – Jorge Basadre."*

En tal sentido, se le concede la realización del aforo solicitado, siempre que las actividades no afecten el normal funcionamiento de la infraestructura hidráulica, ni perjudiquen a los usuarios en sus turnos de riego o los intereses de esta Junta de Usuarios. Asimismo, deberá remitir a esta Junta de usuarios la información técnica correspondiente a los resultados de los aforos realizados.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,


JUNTA DE USUARIOS DEL SECTOR
HIDRAULICO MENOR LOCUMBA CLASE - A
PRESIDENTE
Hermen Marcelo Gutierrez Gutierrez
Ing. Hermen Marcelo Gutierrez Gutierrez
PRESIDENTE

ANEXO B

Certificado de Calibración de equipo Correntómetro

SEBA Hydrometrie GmbH

Gewerbestr. 61 A

87600 Kaufbeuren

GERMANY



Standard Calibration

SEBA Universal Current Meter F1

for use with

rod 20 mm

propeller diameter 125 mm

pitch 250 mm

0,00	< n <	1,34	$V = 0,0058 + 0,2569 * n$
------	-------	------	---------------------------

1,34	< n <	3,95	$V = 0,0168 + 0,2487 * n$
------	-------	------	---------------------------

3,95	< n <	10	$V = -0,0069 + 0,2547 * n$
------	-------	----	----------------------------

n = [1 / sec]

V = [m / sec]

SEBA Hydrömetrie GmbH, Gewerbestr. 61a, D-87600 Kaufbeuren

Tel: (++49 8341) 9648- 0; Fax: (++49 8341) 9648-48

stream velocity versa propeller rotation

of SEBA Universal Current Meter on rod 20 mm

Universal Current Meter No. , propeller No. , Ø 125 mm/250 mm pitch

- 1: $v = 0,0058 + 0,2569 * n$ 0,00 < n < 1,34
2: $v = 0,0168 + 0,2487 * n$ 1,34 < n < 3,95
3: $v = -0,0069 + 0,2547 * n$ 3,95 < n < 10

v: stream velocity m/sec

n: number of propeller rotation per second

n	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,006	0,008	0,011	0,014	0,016	0,019	0,021	0,024	0,026	0,029
0,1	0,031	0,034	0,037	0,039	0,042	0,044	0,047	0,049	0,052	0,055
0,2	0,057	0,060	0,062	0,065	0,067	0,070	0,073	0,075	0,078	0,080
0,3	0,083	0,085	0,088	0,091	0,093	0,096	0,098	0,101	0,103	0,106
0,4	0,109	0,111	0,114	0,116	0,119	0,121	0,124	0,127	0,129	0,132
0,5	0,134	0,137	0,139	0,142	0,145	0,147	0,150	0,152	0,155	0,157
0,6	0,160	0,163	0,165	0,168	0,170	0,173	0,175	0,178	0,180	0,183
0,7	0,186	0,188	0,191	0,193	0,196	0,198	0,201	0,204	0,206	0,209
0,8	0,211	0,214	0,216	0,219	0,222	0,224	0,227	0,229	0,232	0,234
0,9	0,237	0,240	0,242	0,245	0,247	0,250	0,252	0,255	0,258	0,260
1,0	0,263	0,265	0,268	0,270	0,273	0,276	0,278	0,281	0,283	0,286
1,1	0,288	0,291	0,294	0,296	0,299	0,301	0,304	0,306	0,309	0,312
1,2	0,314	0,317	0,319	0,322	0,324	0,327	0,329	0,332	0,335	0,337
1,3	0,340	0,342	0,345	0,347	0,350	0,353	0,355	0,358	0,360	0,363
1,4	0,365	0,367	0,370	0,372	0,375	0,377	0,380	0,382	0,385	0,387
1,5	0,390	0,392	0,395	0,397	0,400	0,402	0,405	0,407	0,410	0,412
1,6	0,415	0,417	0,420	0,422	0,425	0,427	0,430	0,432	0,435	0,437
1,7	0,440	0,442	0,445	0,447	0,450	0,452	0,455	0,457	0,459	0,462
1,8	0,464	0,467	0,469	0,472	0,474	0,477	0,479	0,482	0,484	0,487
1,9	0,489	0,492	0,494	0,497	0,499	0,502	0,504	0,507	0,509	0,512
2,0	0,514	0,517	0,519	0,522	0,524	0,527	0,529	0,532	0,534	0,537
2,1	0,539	0,542	0,544	0,547	0,549	0,552	0,554	0,556	0,559	0,561
2,2	0,564	0,566	0,569	0,571	0,574	0,576	0,579	0,581	0,584	0,586
2,3	0,589	0,591	0,594	0,596	0,599	0,601	0,604	0,606	0,609	0,611
2,4	0,614	0,616	0,619	0,621	0,624	0,626	0,629	0,631	0,634	0,636
2,5	0,639	0,641	0,644	0,646	0,648	0,651	0,653	0,656	0,658	0,661

n	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,6	0,663	0,666	0,668	0,671	0,673	0,676	0,678	0,681	0,683	0,686
2,7	0,688	0,691	0,693	0,696	0,698	0,701	0,703	0,706	0,708	0,711
2,8	0,713	0,716	0,718	0,721	0,723	0,726	0,728	0,731	0,733	0,736
2,9	0,738	0,741	0,743	0,745	0,748	0,750	0,753	0,755	0,758	0,760
3,0	0,763	0,765	0,768	0,770	0,773	0,775	0,778	0,780	0,783	0,785
3,1	0,788	0,790	0,793	0,795	0,798	0,800	0,803	0,805	0,808	0,810
3,2	0,813	0,815	0,818	0,820	0,823	0,825	0,828	0,830	0,833	0,835
3,3	0,838	0,840	0,842	0,845	0,847	0,850	0,852	0,855	0,857	0,860
3,4	0,862	0,865	0,867	0,870	0,872	0,875	0,877	0,880	0,882	0,885
3,5	0,887	0,890	0,892	0,895	0,897	0,900	0,902	0,905	0,907	0,910
3,6	0,912	0,915	0,917	0,920	0,922	0,925	0,927	0,930	0,932	0,935
3,7	0,937	0,939	0,942	0,944	0,947	0,949	0,952	0,954	0,957	0,959
3,8	0,962	0,964	0,967	0,969	0,972	0,974	0,977	0,979	0,982	0,984
3,9	0,987	0,989	0,992	0,994	0,997	0,999	1,002	1,004	1,007	1,009
4,0	1,012	1,014	1,017	1,020	1,022	1,025	1,027	1,030	1,032	1,035
4,1	1,037	1,040	1,042	1,045	1,048	1,050	1,053	1,055	1,058	1,060
4,2	1,063	1,065	1,068	1,070	1,073	1,076	1,078	1,081	1,083	1,086
4,3	1,088	1,091	1,093	1,096	1,098	1,101	1,104	1,106	1,109	1,111
4,4	1,114	1,116	1,119	1,121	1,124	1,127	1,129	1,132	1,134	1,137
4,5	1,139	1,142	1,144	1,147	1,149	1,152	1,155	1,157	1,160	1,162
4,6	1,165	1,167	1,170	1,172	1,175	1,177	1,180	1,183	1,185	1,188
4,7	1,190	1,193	1,195	1,198	1,200	1,203	1,205	1,208	1,211	1,213
4,8	1,216	1,218	1,221	1,223	1,226	1,228	1,231	1,233	1,236	1,239
4,9	1,241	1,244	1,246	1,249	1,251	1,254	1,256	1,259	1,262	1,264
5,0	1,267	1,269	1,272	1,274	1,277	1,279	1,282	1,284	1,287	1,290
5,1	1,292	1,295	1,297	1,300	1,302	1,305	1,307	1,310	1,312	1,315
5,2	1,318	1,320	1,323	1,325	1,328	1,330	1,333	1,335	1,338	1,340
5,3	1,343	1,346	1,348	1,351	1,353	1,356	1,358	1,361	1,363	1,366
5,4	1,368	1,371	1,374	1,376	1,379	1,381	1,384	1,386	1,389	1,391
5,5	1,394	1,396	1,399	1,402	1,404	1,407	1,409	1,412	1,414	1,417
5,6	1,419	1,422	1,425	1,427	1,430	1,432	1,435	1,437	1,440	1,442
5,7	1,445	1,447	1,450	1,453	1,455	1,458	1,460	1,463	1,465	1,468
5,8	1,470	1,473	1,475	1,478	1,481	1,483	1,486	1,488	1,491	1,493
5,9	1,496	1,498	1,501	1,503	1,506	1,509	1,511	1,514	1,516	1,519
6,0	1,521	1,524	1,526	1,529	1,531	1,534	1,537	1,539	1,542	1,544
6,1	1,547	1,549	1,552	1,554	1,557	1,560	1,562	1,565	1,567	1,570
6,2	1,572	1,575	1,577	1,580	1,582	1,585	1,588	1,590	1,593	1,595

n	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
6,3	1,598	1,600	1,603	1,605	1,608	1,610	1,613	1,616	1,618	1,621
6,4	1,623	1,626	1,628	1,631	1,633	1,636	1,638	1,641	1,644	1,646
6,5	1,649	1,651	1,654	1,656	1,659	1,661	1,664	1,666	1,669	1,672
6,6	1,674	1,677	1,679	1,682	1,684	1,687	1,689	1,692	1,694	1,697
6,7	1,700	1,702	1,705	1,707	1,710	1,712	1,715	1,717	1,720	1,723
6,8	1,725	1,728	1,730	1,733	1,735	1,738	1,740	1,743	1,745	1,748
6,9	1,751	1,753	1,756	1,758	1,761	1,763	1,766	1,768	1,771	1,773
7,0	1,776	1,779	1,781	1,784	1,786	1,789	1,791	1,794	1,796	1,799
7,1	1,801	1,804	1,807	1,809	1,812	1,814	1,817	1,819	1,822	1,824
7,2	1,827	1,829	1,832	1,835	1,837	1,840	1,842	1,845	1,847	1,850
7,3	1,852	1,855	1,858	1,860	1,863	1,865	1,868	1,870	1,873	1,875
7,4	1,878	1,880	1,883	1,886	1,888	1,891	1,893	1,896	1,898	1,901
7,5	1,903	1,906	1,908	1,911	1,914	1,916	1,919	1,921	1,924	1,926
7,6	1,929	1,931	1,934	1,936	1,939	1,942	1,944	1,947	1,949	1,952
7,7	1,954	1,957	1,959	1,962	1,964	1,967	1,970	1,972	1,975	1,977
7,8	1,980	1,982	1,985	1,987	1,990	1,992	1,995	1,998	2,000	2,003
7,9	2,005	2,008	2,010	2,013	2,015	2,018	2,021	2,023	2,026	2,028
8,0	2,031	2,033	2,036	2,038	2,041	2,043	2,046	2,049	2,051	2,054
8,1	2,056	2,059	2,061	2,064	2,066	2,069	2,071	2,074	2,077	2,079
8,2	2,082	2,084	2,087	2,089	2,092	2,094	2,097	2,099	2,102	2,105
8,3	2,107	2,110	2,112	2,115	2,117	2,120	2,122	2,125	2,127	2,130
8,4	2,133	2,135	2,138	2,140	2,143	2,145	2,148	2,150	2,153	2,156
8,5	2,158	2,161	2,163	2,166	2,168	2,171	2,173	2,176	2,178	2,181
8,6	2,184	2,186	2,189	2,191	2,194	2,196	2,199	2,201	2,204	2,206
8,7	2,209	2,212	2,214	2,217	2,219	2,222	2,224	2,227	2,229	2,232
8,8	2,234	2,237	2,240	2,242	2,245	2,247	2,250	2,252	2,255	2,257
8,9	2,260	2,262	2,265	2,268	2,270	2,273	2,275	2,278	2,280	2,283
9,0	2,285	2,288	2,290	2,293	2,296	2,298	2,301	2,303	2,306	2,308
9,1	2,311	2,313	2,316	2,319	2,321	2,324	2,326	2,329	2,331	2,334
9,2	2,336	2,339	2,341	2,344	2,347	2,349	2,352	2,354	2,357	2,359
9,3	2,362	2,364	2,367	2,369	2,372	2,375	2,377	2,380	2,382	2,385
9,4	2,387	2,390	2,392	2,395	2,397	2,400	2,403	2,405	2,408	2,410
9,5	2,413	2,415	2,418	2,420	2,423	2,425	2,428	2,431	2,433	2,436
9,6	2,438	2,441	2,443	2,446	2,448	2,451	2,454	2,456	2,459	2,461
9,7	2,464	2,466	2,469	2,471	2,474	2,476	2,479	2,482	2,484	2,487
9,8	2,489	2,492	2,494	2,497	2,499	2,502	2,504	2,507	2,510	2,512
9,9	2,515	2,517	2,520	2,522	2,525	2,527	2,530	2,532	2,535	2,538

ANEXO C

Resultados de los aforos



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: CANAL DERIVACIÓN
 PROG.: -

N° REGISTRO: 01
 FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
 ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°01														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO (m/s)	VELOC EN SUPERF (m/s)	VEL MED EN EL TRAMO (m/s)	PROFUN D MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
	m	m	método	m		s		m/s	m/s	m/s	m	m	m2	m3/s
11	0.90	0.35	0.6	0.210	12	30								
					13									
					11									
10	0.30	0.45	0.6	0.270	15	30								
					16									
					14									
9	0.60	0.47	0.6	0.282	12	30								
					11									
					13									
8	0.90	0.57	0.6	0.342	16	30								
					17									
					15									
7	1.20	0.63	0.2	0.126	66	30								
					64									
					68									
7'	1.20	0.63	0.8	0.504	69	30								
					67									
					71									
6	1.50	0.70	0.2	0.140	83	30								
					82									
					84									
6'	1.50	0.70	0.8	0.560	82	30								
					81									
					83									
5	1.80	0.72	0.2	0.144	112	30								
					116									
					108									
5'	1.80	0.72	0.8	0.576	137	30								
					129									
					133									
4	2.10	0.77	0.2	0.154	148	30								
					147									
					149									
4'	2.10	0.77	0.8	0.616	147	30								
					148									
					146									
3	2.40	0.78	0.2	0.156	177	30								
					174									
					180									
3'	2.40	0.78	0.8	0.624	160	30								
					158									
					162									
2	2.70	0.80	0.2	0.160	148	30								
					149									
					147									
2'	2.70	0.80	0.8	0.640	147	30								
					149									
					157									
1	3.00	0.80	0.20	0.160	127	30								
					129									
					125									
1'	3.00	0.80	0.8	0.640	168	30								
					110									
					112									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 0+000,00

N° REGISTRO: 02
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°02														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.64	0.2	0.128	116	30								
					118									
					119									
1'	0.00	0.64	0.8	0.512	127	30								
					128									
					130									
2	0.34	0.64	0.2	0.128	116	30								
					118									
					119									
2'	0.34	0.64	0.8	0.512	127	30								
					128									
					130									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 0+144.00

N° REGISTRO:
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°03														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.43	0.60	0.258	65	30								
					66									
					68									
2	0.45	0.44	0.6	0.264	66	30								
					65									
					68									
3	0.90	0.44	0.6	0.264	67	30								
					65									
					63									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO:
PROG.:

N° REGISTRO:
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°04														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.23	0.6	0.138	178	30								
					177									
					176									
2	0.30	0.23	0.6	0.138	177	30								
					172									
					175									
3	0.60	0.23	0.6	0.138	172	30								
					174									
					170									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 0+305.00

N° REGISTRO: 05
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°05														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.16	0.6	0.096	251	30								
					248									
					247									
2	0.30	0.16	0.6	0.096	253	30								
					255									
					251									
3	0.60	0.16	0.6	0.096	247	30								
					243									
					246									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 0+330.00

N° REGISTRO: 06
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°06														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.33	0.6	0.198	113	30								
					116									
					118									
2	0.30	0.33	0.6	0.198	117	30								
					114									
					115									
3	0.60	0.33	0.6	0.198	115	30								
					112									
					114									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 0+490.00

N° REGISTRO: 07
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°07														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.39	0.6	0.234	92	30								
					91									
					89									
2	0.30	0.39	0.6	0.234	92	30								
					91									
					94									
3	0.60	0.40	0.6	0.240	92	30								
					94									
					93									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral C
PROG.: 0+508.00

N° REGISTRO: 08
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°08																						
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS									
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL								
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)								
1	0.00	0.41	0.6	0.246	86	30																
															85							
															88							
2	0.30	0.41	0.6	0.246	89	30																
															88							
															86							
3	0.60	0.41	0.6	0.246	92	30																
															89							
															87							
Total																						



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral C
PROG.: 0+810.00

N° REGISTRO: 09
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°09																						
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS									
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL								
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)								
1	0.00	0.31	0.6	0.186	118	30																
															113							
															114							
2	0.30	0.32	0.6	0.192	113	30																
															112							
															116							
3	0.60	0.32	0.6	0.192	115	30																
															112							
															113							
Total																						



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral C
PROG.: 0+828.00

N° REGISTRO: 10
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°10																						
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS									
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL								
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)								
1	0.00	0.33	0.6	0.198	105	30																
															102							
															103							
2	0.30	0.33	0.6	0.198	106	30																
															104							
															103							
3	0.60	0.34	0.6	0.204	114	30																
															116							
															112							
Total																						



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 1+040.00

N° REGISTRO: 11
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°11														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³ /s)
1	0.00	0.32	0.6	0.192	106	30								
					109									
					103									
2	0.30	0.33	0.6	0.198	104	30								
					109									
					105									
3	0.60	0.33	0.6	0.198	106	30								
					109									
					105									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 1+055.00

N° REGISTRO: 12
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°12														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³ /s)
1	0.00	0.31	0.6	0.186	107	30								
					111									
					108									
2	0.30	0.31	0.6	0.186	111	30								
					109									
					110									
3	0.60	0.32	0.6	0.192	111	30								
					112									
					117									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 1+204.00

N° REGISTRO: 13
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°13														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³ /s)
1	0.00	0.33	0.6	0.198	101	30								
					99									
					103									
2	0.30	0.33	0.6	0.198	104	30								
					105									
					101									
3	0.60	0.33	0.6	0.198	104	30								
					103									
					102									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 1+222.00

N° REGISTRO: 14
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°14														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.33	0.6	0.198	100	30								
					99									
					103									
2	0.30	0.33	0.6	0.198	103	30								
					105									
					101									
3	0.60	0.33	0.6	0.198	104	30								
					102									
					100									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 1+432.00

N° REGISTRO: 15
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°15														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.33	0.6	0.198	100	30								
					103									
					100									
2	0.30	0.33	0.6	0.198	99	30								
					103									
					104									
3	0.60	0.33	0.6	0.198	100	30								
					104									
					102									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 1+450.00

N° REGISTRO: 16
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°16														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.31	0.6	0.186	107	30								
					102									
					100									
2	0.30	0.31	0.6	0.186	103	30								
					102									
					99									
3	0.60	0.31	0.6	0.186	97	30								
					102									
					101									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 1+646.00

N° REGISTRO: 17
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°17														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³ /s)
1	0.00	0.31	0.6	0.186	101	30								
					97									
					98									
2	0.30	0.31	0.6	0.186	101	30								
					97									
					103									
3	0.60	0.31	0.6	0.186	103	30								
					105									
					104									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 1+664.00

N° REGISTRO: 18
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°18														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³ /s)
1	0.00	0.31	0.6	0.186	102	30								
					105									
					107									
2	0.30	0.31	0.6	0.186	99	30								
					104									
					102									
3	0.60	0.32	0.6	0.192	99	30								
					101									
					104									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 1+829.00

N° REGISTRO: 19
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°19														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m ²)	(m ³ /s)
1	0.00	0.30	0.6	0.180	110	30								
					109									
					112									
2	0.30	0.30	0.6	0.180	111	30								
					107									
					108									
3	0.60	0.30	0.6	0.180	115	30								
					113									
					119									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 1+847.00

N° REGISTRO: 20
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°20														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.30	0.6	0.180	110	30								
					112									
					96									
2	0.30	0.30	0.6	0.180	112	30								
					112									
					111									
3	0.60	0.30	0.6	0.180	115	30								
					110									
					112									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 2+130.00

N° REGISTRO: 21
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°21														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.12	0.6	0.072	279	30								
					284									
					288									
2	0.30	0.12	0.6	0.072	277	30								
					271									
					265									
3	0.60	0.13	0.6	0.078	288	30								
					281									
					287									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 2+148.00

N° REGISTRO: 22
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°22														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)
1	0.00	0.16	0.6	0.096	214	30								
					213									
					217									
2	0.30	0.16	0.6	0.096	206	30								
					209									
					208									
3	0.60	0.16	0.6	0.096	206	30								
					209									
					208									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: lateral "C"
PROG.: 2+408.00

N° REGISTRO: 23
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°23																						
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS									
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL								
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)								
1	0.00	0.25	0.6	0.150	129	30																
															126							
															124							
2	0.30	0.25	0.6	0.150	129	30																
															126							
															124							
3	0.60	0.25	0.6	0.150	138	30																
															137							
															139							
Total																						



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: lateral "C"
PROG.: 2+426.00

N° REGISTRO: 24
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°24																						
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS									
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL								
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)								
1	0.00	0.25	0.6	0.150	128	30																
															129							
															130							
2	0.30	0.26	0.6	0.156	127	30																
															124							
															121							
3	0.60	0.26	0.6	0.156	125	30																
															128							
															126							
Total																						



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: lateral "C"
PROG.: 2+642.00

N° REGISTRO: 25
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°25																						
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS									
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO	VELOC EN SUPERF	VEL MED EN EL TRAMO	PROFUN D MEDIA	ANCHO	AREA	CAUDAL								
			método	m				(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m2)	(m3/s)								
1	0.00	0.25	0.6	0.150	121	30																
															125							
															127							
2	0.30	0.25	0.6	0.150	129	30																
															126							
															127							
3	0.60	0.25	0.6	0.150	136	30																
															132							
															138							
Total																						



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 2+660.00

N° REGISTRO: 26
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°26														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO (m/s)	VELOC EN SUPERF (m/s)	VEL MED EN EL TRAMO (m/s)	PROFUN D MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
	m	m	método	m		s		m/s	m/s	m/s	m	m	m2	m3/s
1	0.00	0.21	0.6	0.126	155	30								
					152									
					156									
2	0.30	0.21	0.6	0.126	149	30								
					152									
					151									
3	0.60	0.21	0.6	0.126	153	30								
					155									
					154									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 2+880.00

N° REGISTRO: 27
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°27														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO (m/s)	VELOC EN SUPERF (m/s)	VEL MED EN EL TRAMO (m/s)	PROFUN D MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
	m	m	método	m		s		m/s	m/s	m/s	m	m	m2	m3/s
1	0.00	0.23	0.6	0.138	133	30								
					136									
					132									
2	0.30	0.23	0.6	0.138	146	30								
					137									
					136									
3	0.60	0.23	0.6	0.138	133	30								
					137									
					135									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 2+897.00

N° REGISTRO: 28
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°28														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO (m/s)	VELOC EN SUPERF (m/s)	VEL MED EN EL TRAMO (m/s)	PROFUN D MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
	m	m	método	m		s		m/s	m/s	m/s	m	m	m2	m3/s
1	0.00	0.23	0.6	0.138	147	30								
					151									
					149									
2	0.30	0.23	0.6	0.138	149	30								
					151									
					155									
3	0.60	0.23	0.6	0.138	147	30								
					145									
					144									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 3+118.00

N° REGISTRO: 29
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°29														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO (m/s)	VELOC EN SUPERF (m/s)	VEL MED EN EL TRAMO (m/s)	PROFUN D MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
			método	m										
1	0.00	0.22	0.6	0.132	136	30								
					131									
					132									
2	0.30	0.22	0.6	0.132	143	30								
					140									
					136									
3	0.60	0.22	0.6	0.132	148	30								
					147									
					151									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 3+136.00

N° REGISTRO: 30
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°30														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO (m/s)	VELOC EN SUPERF (m/s)	VEL MED EN EL TRAMO (m/s)	PROFUN D MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
			método	m										
1	0.00	0.21	0.6	0.126	145	30								
					147									
					141									
2	0.30	0.21	0.6	0.126	145	30								
					147									
					141									
3	0.60	0.22	0.6	0.132	146	30								
					145									
					148									
Total														



TESIS: "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD DE CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

TRAMO: Lateral "C"
PROG.: 3+240.00

N° REGISTRO: 31
FECHA: 24/10/25

OPERADOR: Ing. Oscar David Llerena Chipana
ASISTENTE: Bach. Luis Demóstenes Ramos Choque

AFORO N°31														
SONDEOS			CORRENTÓMETRO				VELOCIDAD			SECCIÓN			DESCARGAS	
PTOS	DIST AL PTO (m)	PROFUNDIDA D (m)	PROFUND DE OBSERVACION		REV	TIEMPO (s)	N	VELOC EN EL PTO (m/s)	VELOC EN SUPERF (m/s)	VEL MED EN EL TRAMO (m/s)	PROFUN D MEDIA (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	CAUDAL (m3/s)
			método	m										
1	0.00	0.20	0.6	0.120	148	30								
					142									
					145									
2	0.30	0.20	0.6	0.120	151	30								
					153									
					159									
3	0.60	0.20	0.6	0.120	148	30								
					153									
					149									
Total														

ANEXO D

Panel fotográfico

Condición estructural del marco de la compuerta de captación del canal trapezoidal lateral "C"



Presencia de vegetación adherida a la solera del canal trapezoidal lateral "C"



Sifón rústico empotrado en el talud derecho del canal trapezoidal lateral "C", no contemplado en el diseño original



Crecimiento generalizado de hierbas y césped en el interior y márgenes del canal trapezoidal lateral "C"



Junta de dilatación expuesta, carente de material elastomérico de sellado



Desarrollo de vegetación en la solera del canal, incrementando la rugosidad

Hidráulica



Condición operativa y funcional de las compuertas del canal trapezoidal lateral

“C”



Abertura lateral en el muro del canal trapezoidal lateral “C”, generadora de pérdida de caudal



Azolvamiento y acumulación de desechos sólidos en el canal trapezoidal lateral
"C", reduciendo el área hidráulica efectiva



Crecimiento de vegetación sobre el muro lateral del canal, con potencial
afectación estructural



Perforación localizada en la parte inferior del talud derecho del canal trapezoidal lateral "C", asociada a posibles filtraciones



Acumulación de material suelto en el talud superior derecho del canal, con riesgo de arrastre hacia la sección hidráulica



Evidencia de humedad en el talud del canal, indicativa de filtración o pérdida de estanqueidad

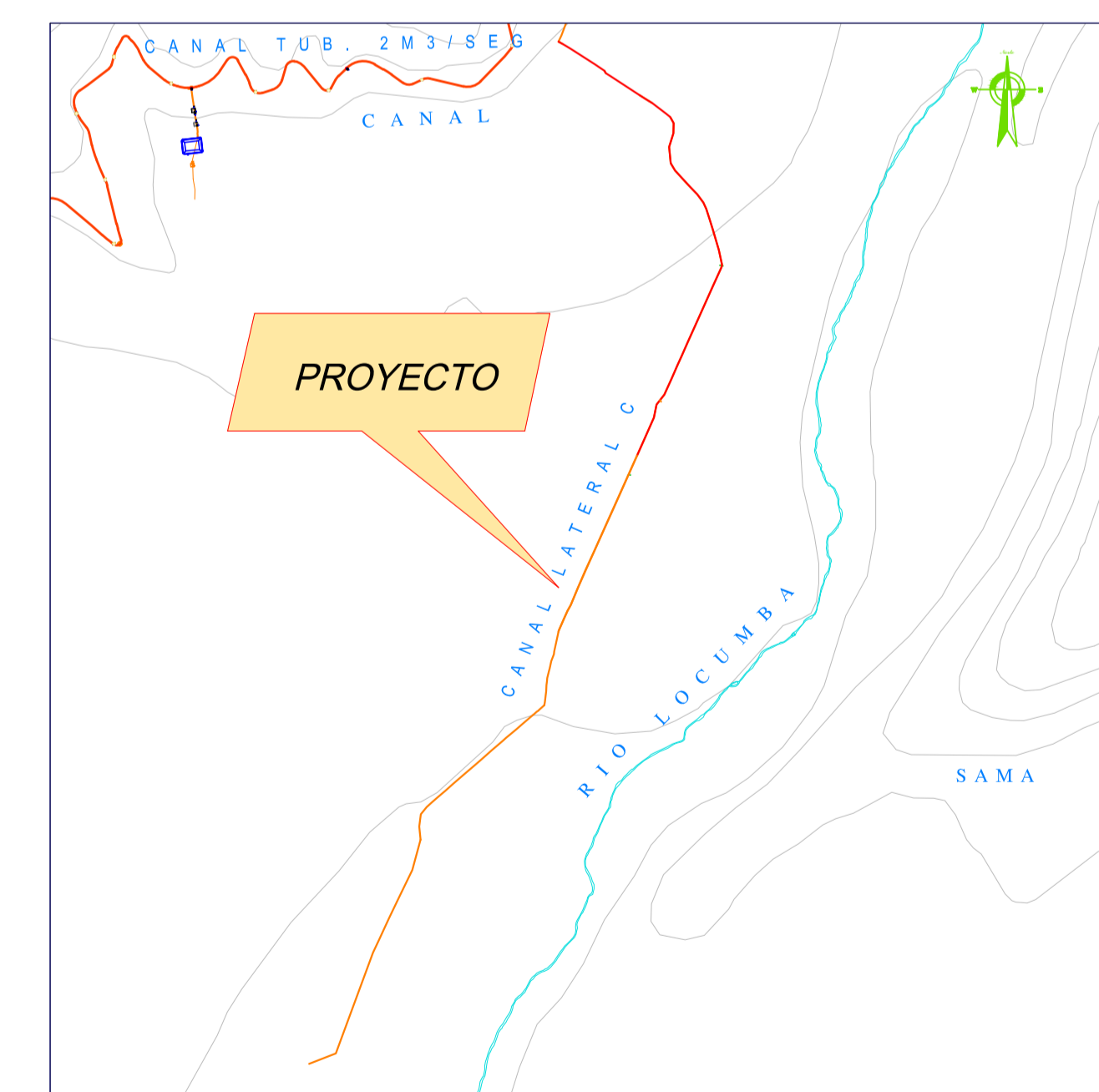
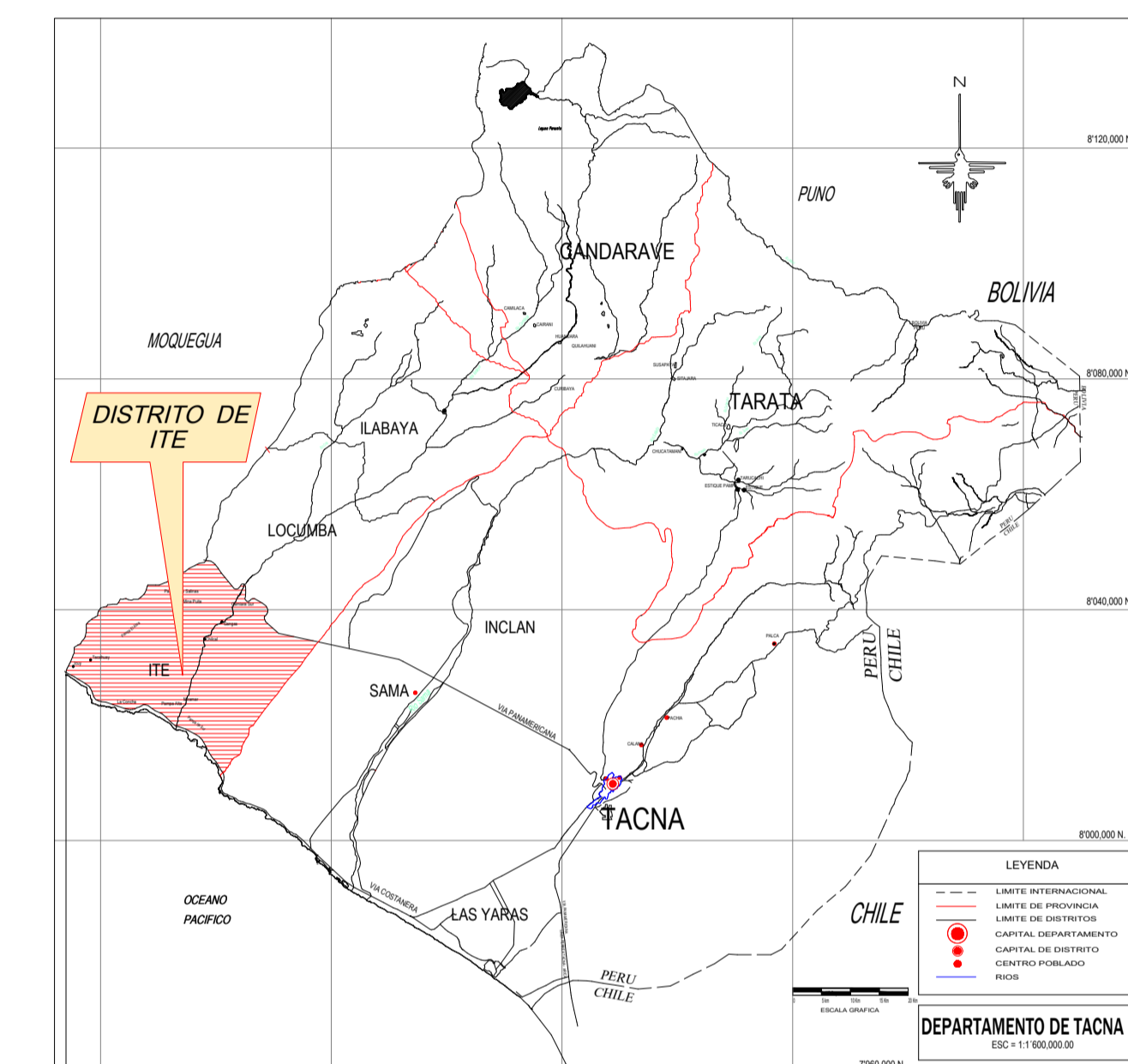
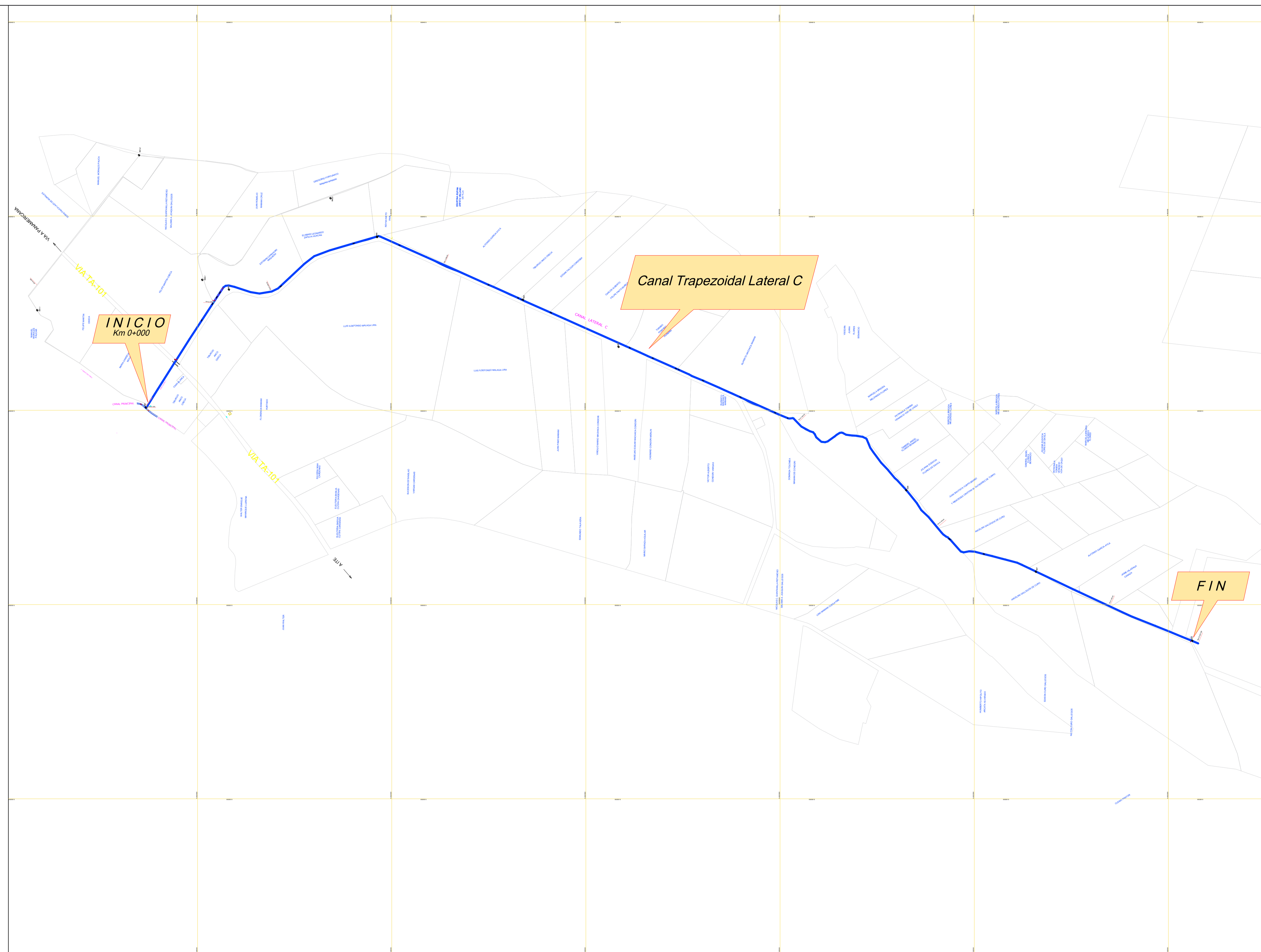


Aforo hidráulico ejecutado en el tramo final del canal trapezoidal lateral "C" para la determinación del caudal de salida.



ANEXO E

Planos

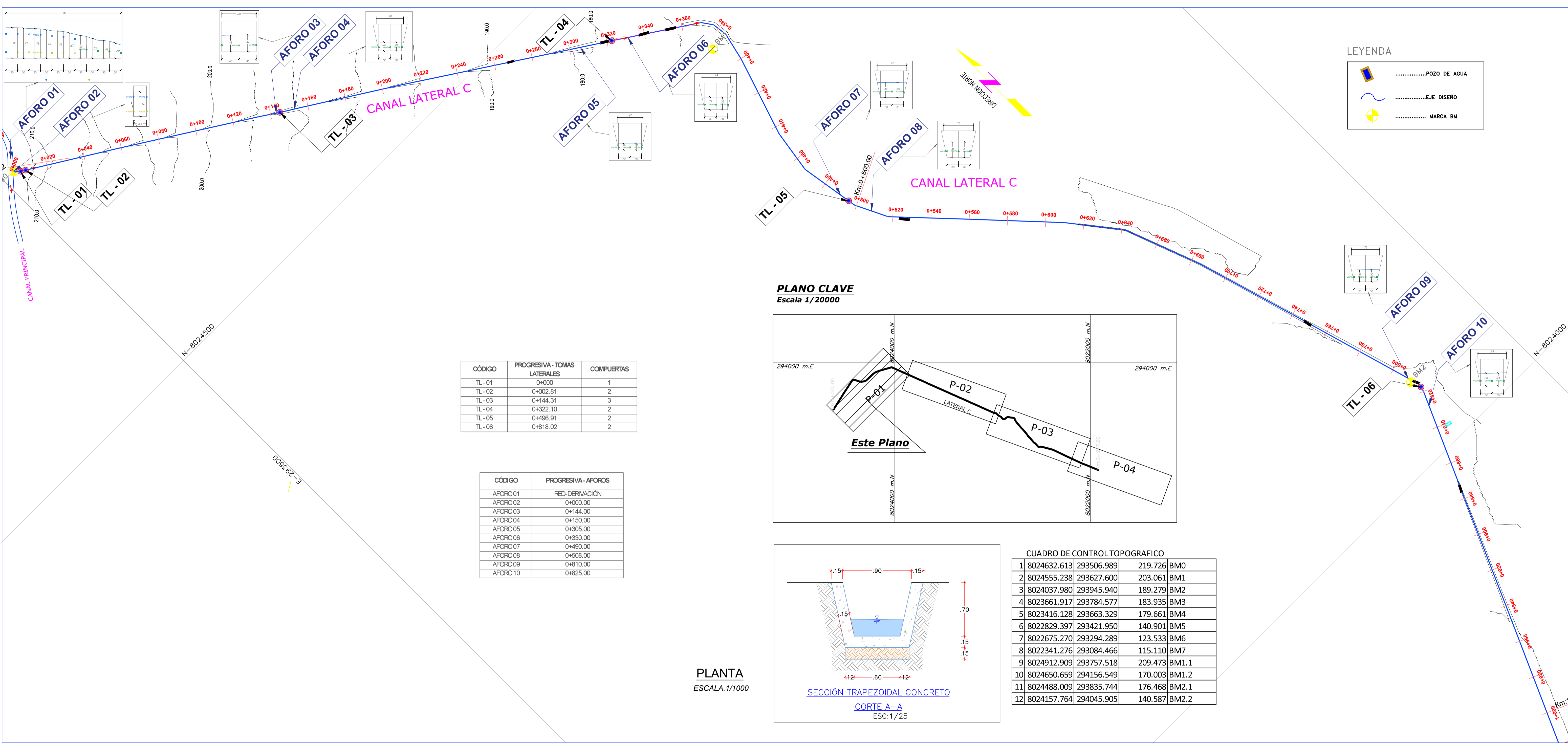


PLANO DE UBICACION
ESCALA : 1 / 7500

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESTIS : "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"			LAMINA
PLANO: PLANO DE UBICACIÓN			U-01
DATUM: WGS-84	AUTOR: BACH, Luis Demóstenes Ramos Choque	ESCALA: INDICADA	FECHA: DIC - 2025

LEYENDA

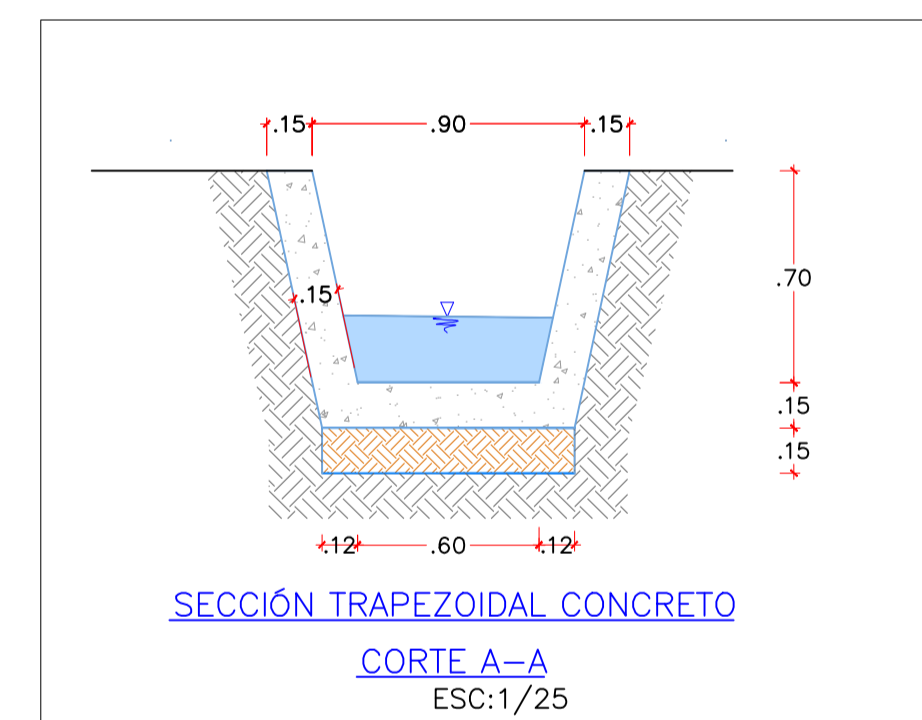
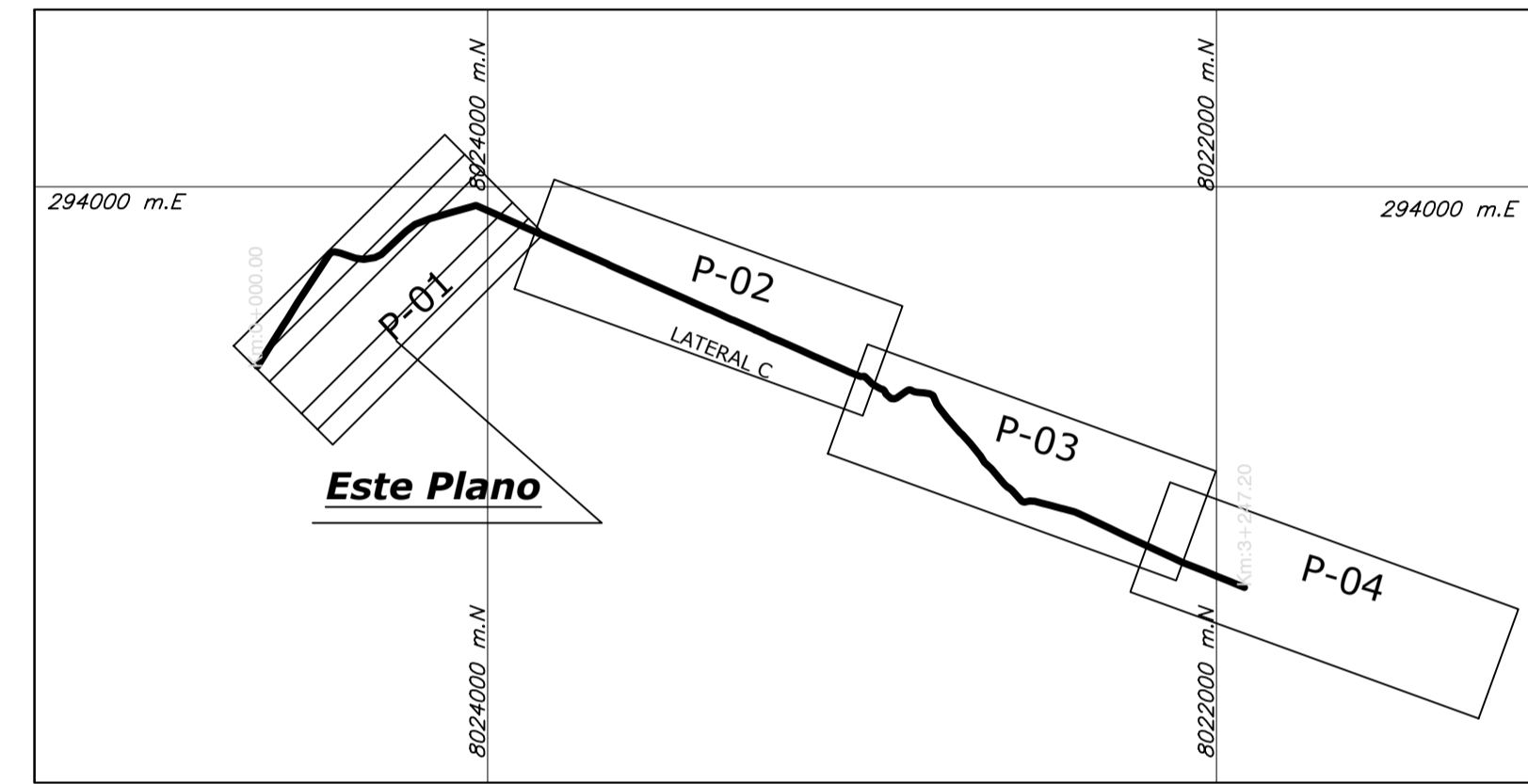
- POZO DE AGUA
- EJE DISEÑO
- MARCA BM



CÓDIGO	PROGRESIVA - TOMAS LATERALES	COMPUERTAS
TL-01	0+000	1
TL-02	0+002.81	2
TL-03	0+144.31	3
TL-04	0+322.10	2
TL-05	0+496.91	2
TL-06	0+818.02	2

CÓDIGO	PROGRESIVA - AFOROS
AFORO 01	RED-DERIVACIÓN
AFORO 02	0+000.00
AFORO 03	0+144.00
AFORO 04	0+150.00
AFORO 05	0+305.00
AFORO 06	0+330.00
AFORO 07	0+490.00
AFORO 08	0+508.00
AFORO 09	0+810.00
AFORO 10	0+825.00

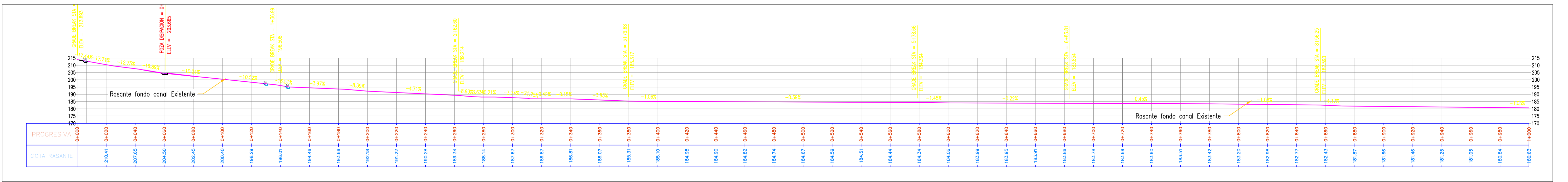
PLANO CLAVE
Escala 1/20000



CUADRO DE CONTROL TOPOGRAFICO

1	8024632.613	293506.989	219.726	BM0
2	8024555.238	293627.600	203.061	BM1
3	8024037.980	293945.940	189.279	BM2
4	8023661.917	293784.577	183.935	BM3
5	8023416.128	293663.329	179.661	BM4
6	8022829.397	293421.950	140.901	BM5
7	8022675.270	293294.289	123.533	BM6
8	8022341.276	293084.466	115.110	BM7
9	8024912.909	293757.518	209.473	BM1.1
10	8024650.659	294156.549	170.003	BM1.2
11	8024488.009	293835.744	176.468	BM2.1
12	8024157.764	294045.905	140.587	BM2.2

PLANTA
ESCALA 1/1000



PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: H=1/1250
V= 1/125

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS : "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

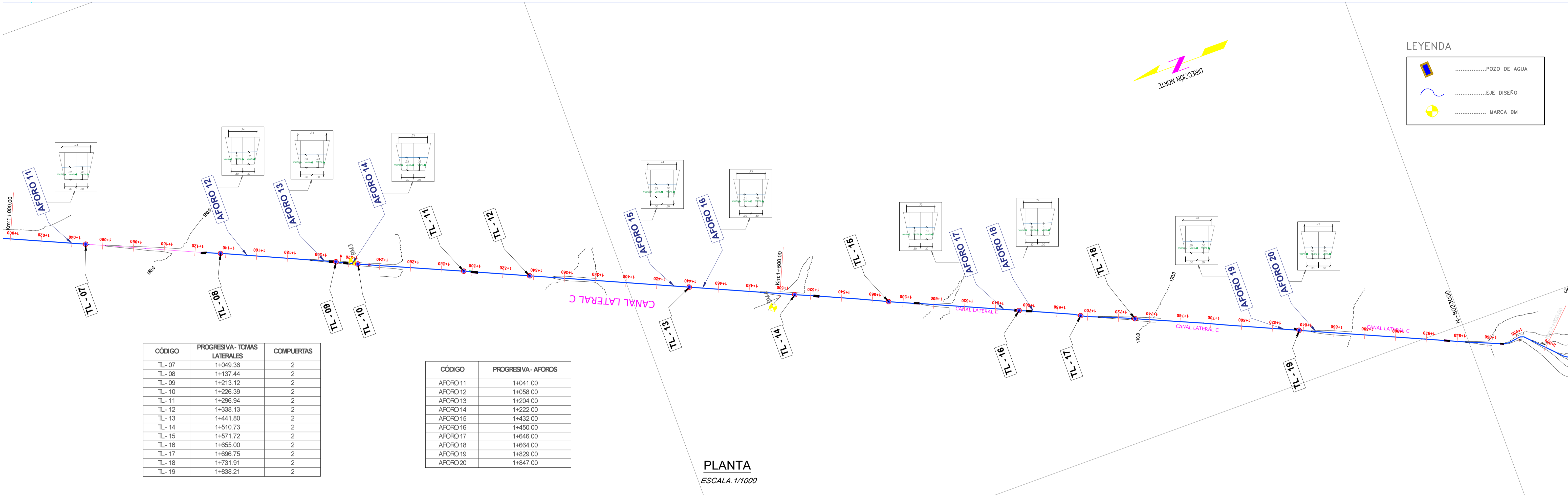
PLANO: **PLANTA Y PERFIL**
Progresiva: 0+000 - 1+000

DATUM: WGS-84 AUTOR: BACH. Luis Demóstenes Ramos Choque ESCALA: INDICADA FECHA: DIC - 2025

LAMINA: **PP-01**

LEYENDA

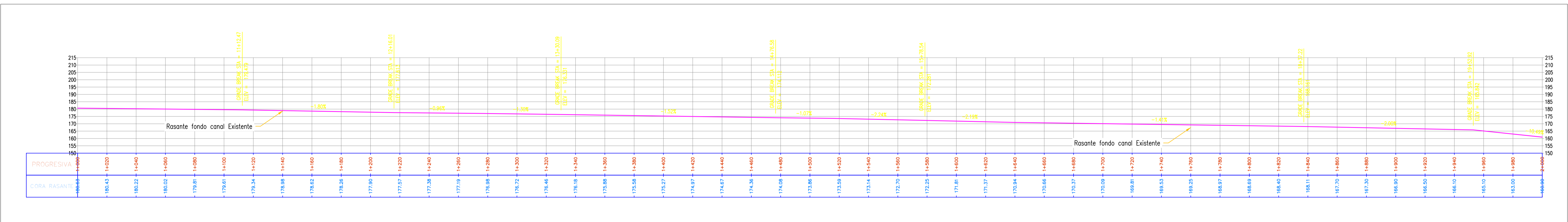
-POZO DE AGUA
-EJE DISEÑO
- MARCA BM



CÓDIGO	PROGRESIVA - TOMAS LATERALES	COMPUERTAS
TL-07	1+049.36	2
TL-08	1+137.44	2
TL-09	1+213.12	2
TL-10	1+226.39	2
TL-11	1+296.94	2
TL-12	1+338.13	2
TL-13	1+441.80	2
TL-14	1+510.73	2
TL-15	1+571.72	2
TL-16	1+655.00	2
TL-17	1+696.75	2
TL-18	1+731.91	2
TL-19	1+838.21	2

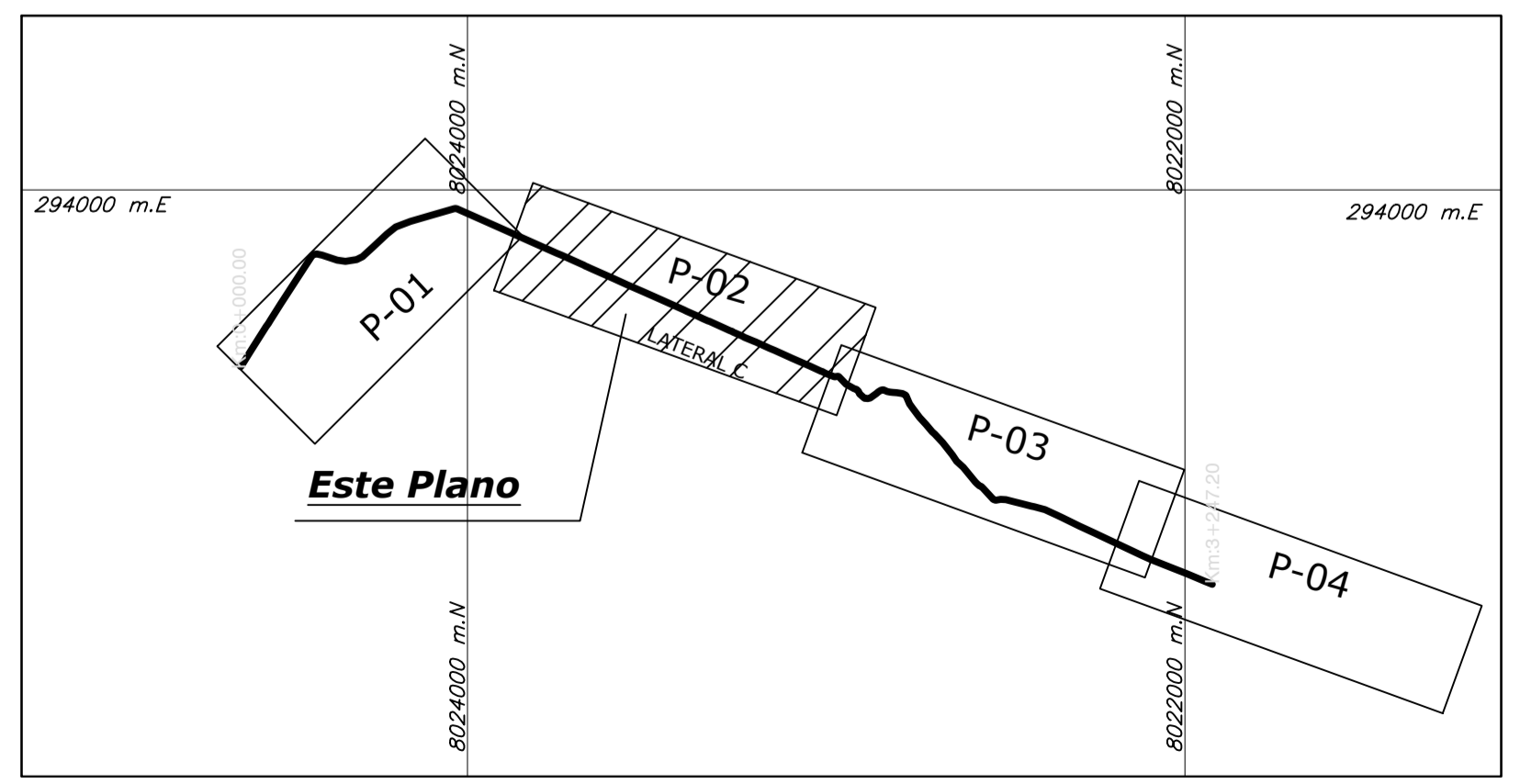
CÓDIGO	PROGRESIVA - AFOROS
AFORO 11	1+041.00
AFORO 12	1+058.00
AFORO 13	1+204.00
AFORO 14	1+222.00
AFORO 15	1+432.00
AFORO 16	1+450.00
AFORO 17	1+646.00
AFORO 18	1+664.00
AFORO 19	1+829.00
AFORO 20	1+847.00

PLANTA
ESCALA: 1/1000



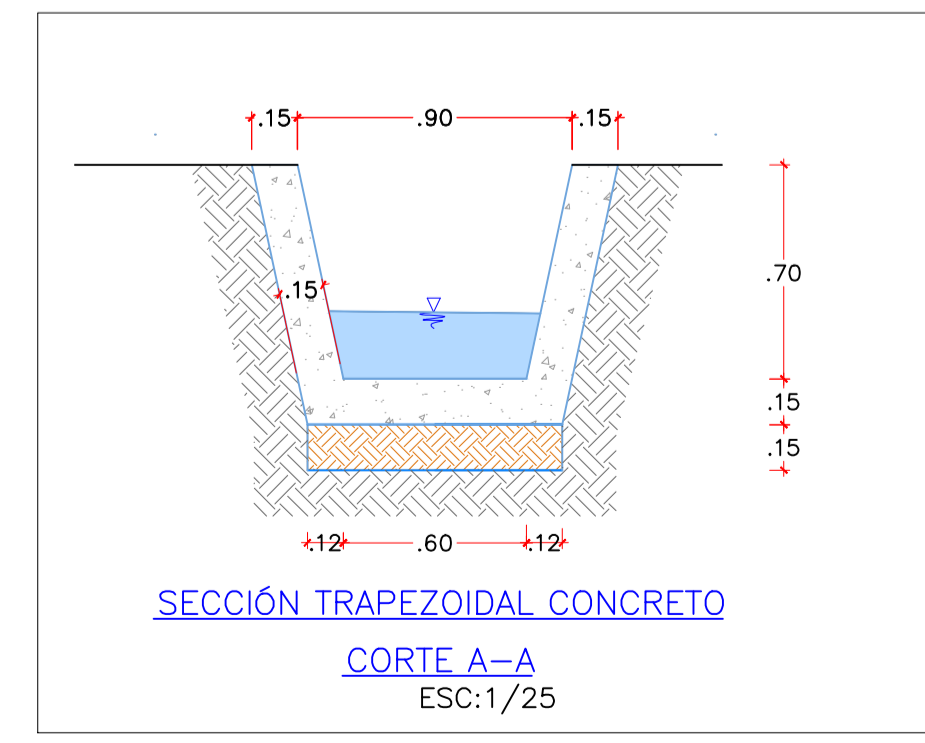
PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: H=1/1250
V=1/125

PLANO CLAVE
Escala 1/20000



CUADRO DE CONTROL TOPOGRÁFICO

1	8024632.613	293506.989	219.726	BM0
2	8024555.238	293627.600	203.061	BM1
3	8024037.980	293945.940	189.279	BM2
4	8023661.917	293784.577	183.935	BM3
5	8023416.128	293663.329	179.661	BM4
6	8022829.397	293421.950	140.901	BM5
7	8022675.270	293294.289	123.533	BM6
8	8022341.276	293084.466	115.110	BM7
9	8024912.909	293757.518	209.473	BM1.1
10	8024650.659	294156.549	170.003	BM1.2
11	8024488.009	293835.744	176.468	BM2.1
12	8024157.764	294045.905	140.587	BM2.2



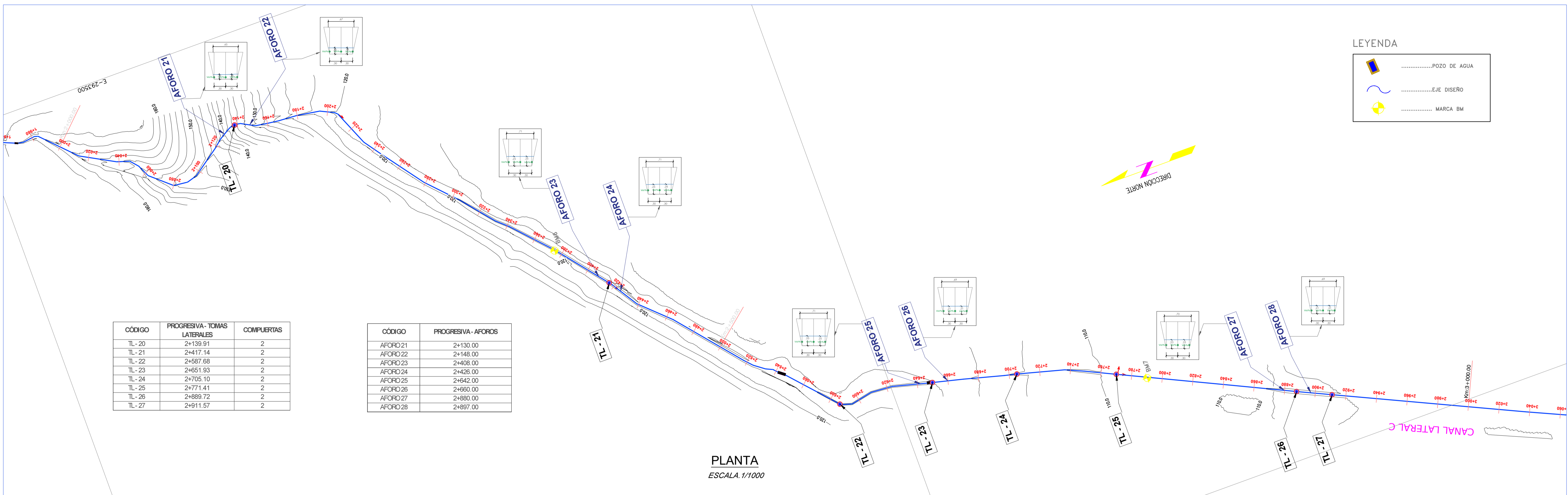
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
"EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

PLANO: **PLANTA Y PERFIL**
Progresiva: 1+000 - 2+000

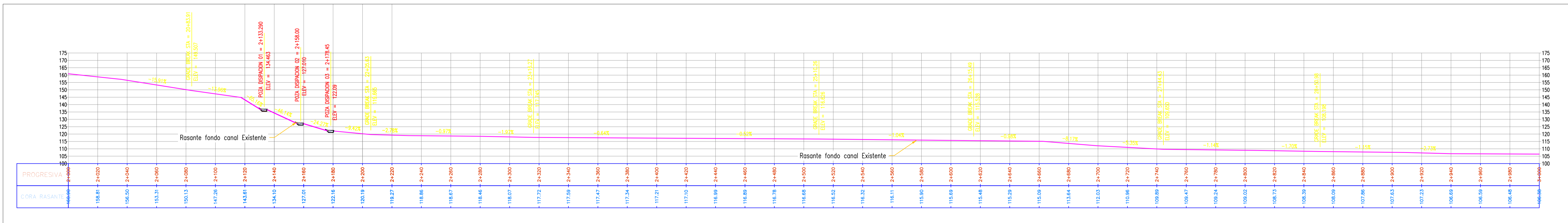
LAMINA: **PP-02**

DATUM: WGS-84 AUTOR: BACH: Luis Demóstenes Ramos Choque ESCALA: INDICADA FECHA: DIC - 2025

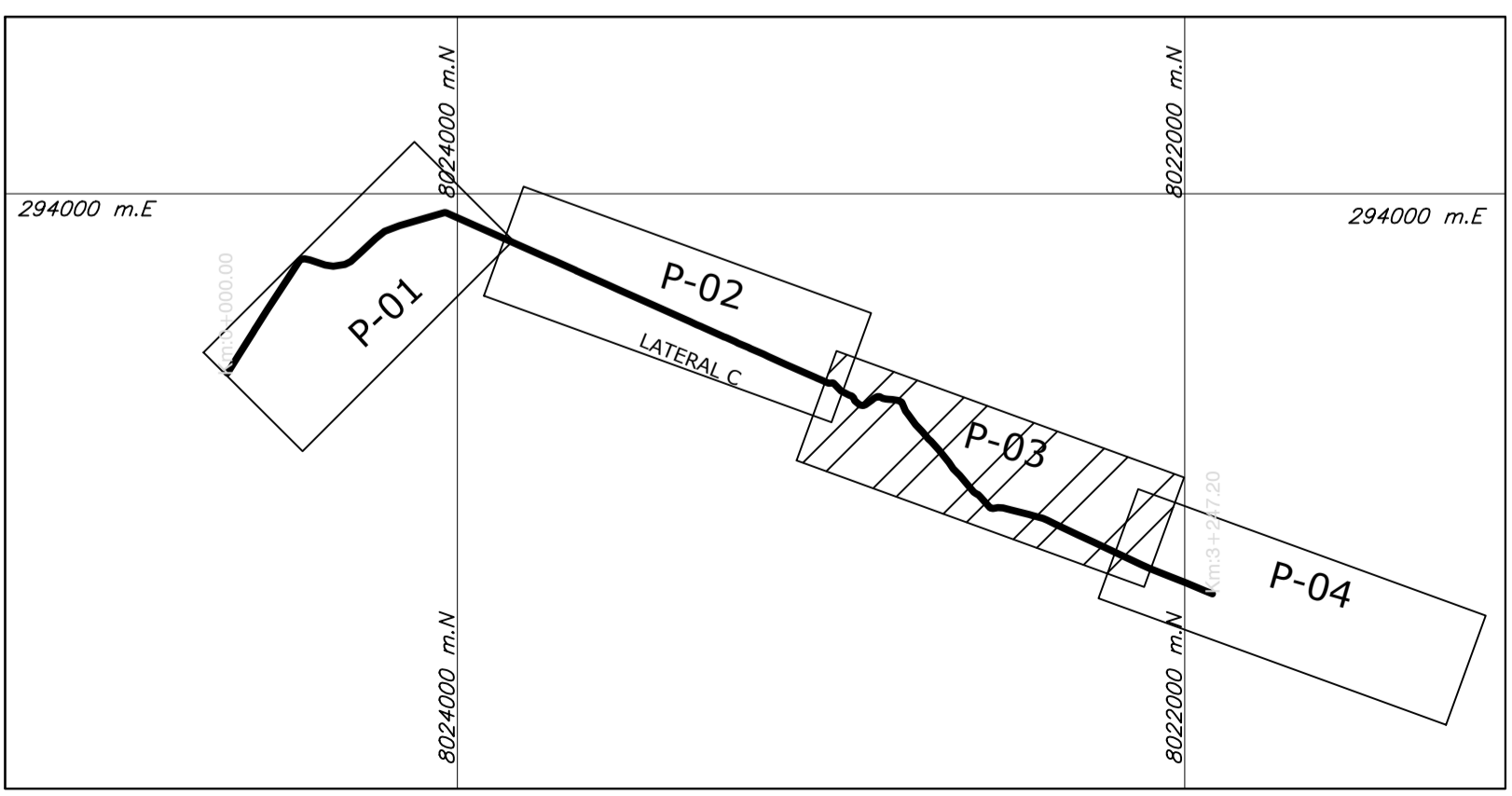


CÓDIGO	PROGRESIVA - TOMAS LATERALES	COMPUERTAS
TL-20	2+139.91	2
TL-21	2+417.14	2
TL-22	2+587.68	2
TL-23	2+651.93	2
TL-24	2+705.10	2
TL-25	2+771.41	2
TL-26	2+889.72	2
TL-27	2+911.57	2

CÓDIGO	PROGRESIVA - AFOROS
AFORO 21	2+130.00
AFORO 22	2+148.00
AFORO 23	2+408.00
AFORO 24	2+426.00
AFORO 25	2+642.00
AFORO 26	2+660.00
AFORO 27	2+880.00
AFORO 28	2+897.00

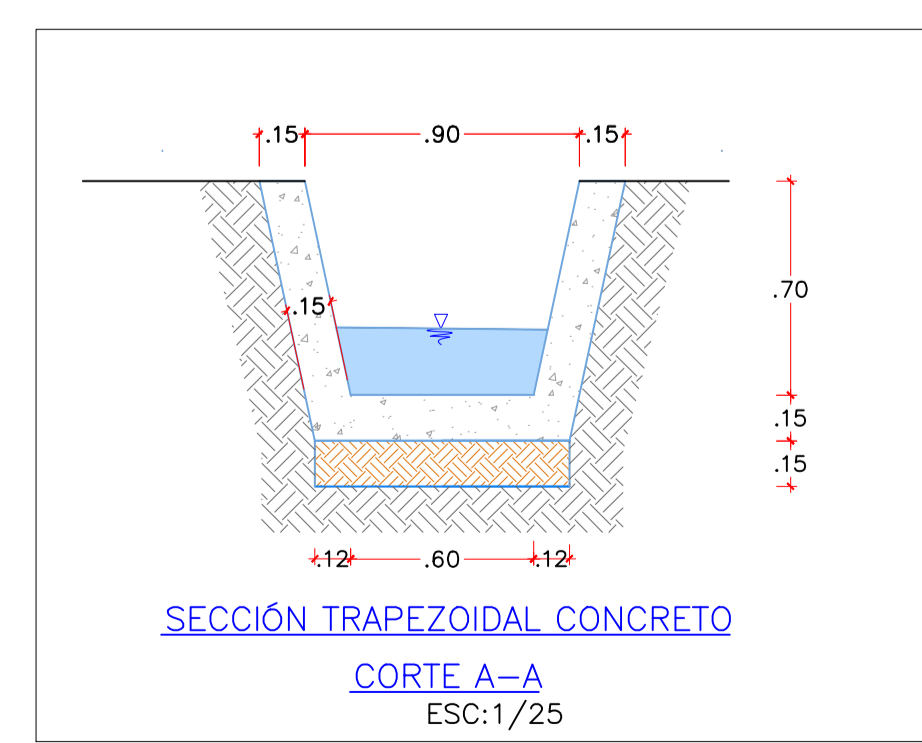


PLANO CLAVE
Escala 1/20000



CUADRO DE CONTROL TOPOGRAFICO

1	8024632.613	293506.989	219.726	BM0
2	8024555.238	293627.600	203.061	BM1
3	8024037.980	293945.940	189.279	BM2
4	8023661.917	293784.577	183.935	BM3
5	8023416.128	293663.329	179.661	BM4
6	8022829.397	293421.950	140.901	BM5
7	8022675.270	293294.289	123.533	BM6
8	8022341.276	293084.466	115.110	BM7
9	8024912.909	293757.518	209.473	BM1.1
10	8024650.659	294156.549	170.003	BM1.2
11	8024488.009	293835.744	176.468	BM2.1
12	8024157.764	294045.905	140.587	BM2.2



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

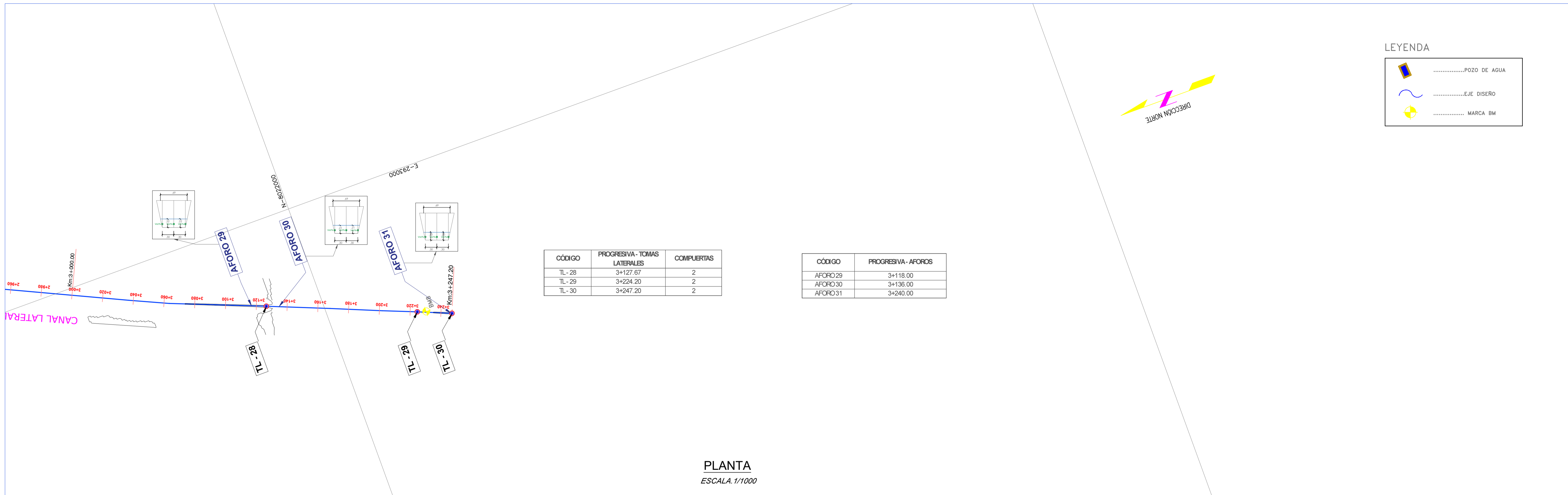
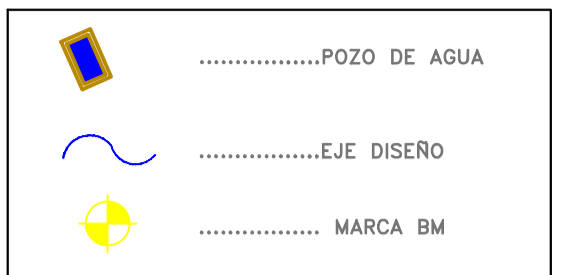
TESIS:
"EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"

PLANO: **PLANTA Y PERFIL**
Progresiva: 2+000 - 3+000

LAMINA: **PP-03**

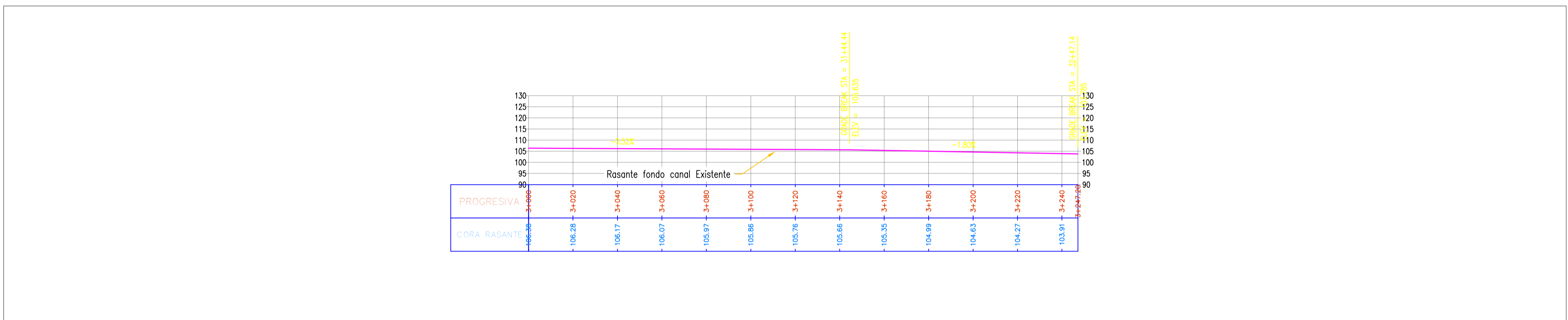
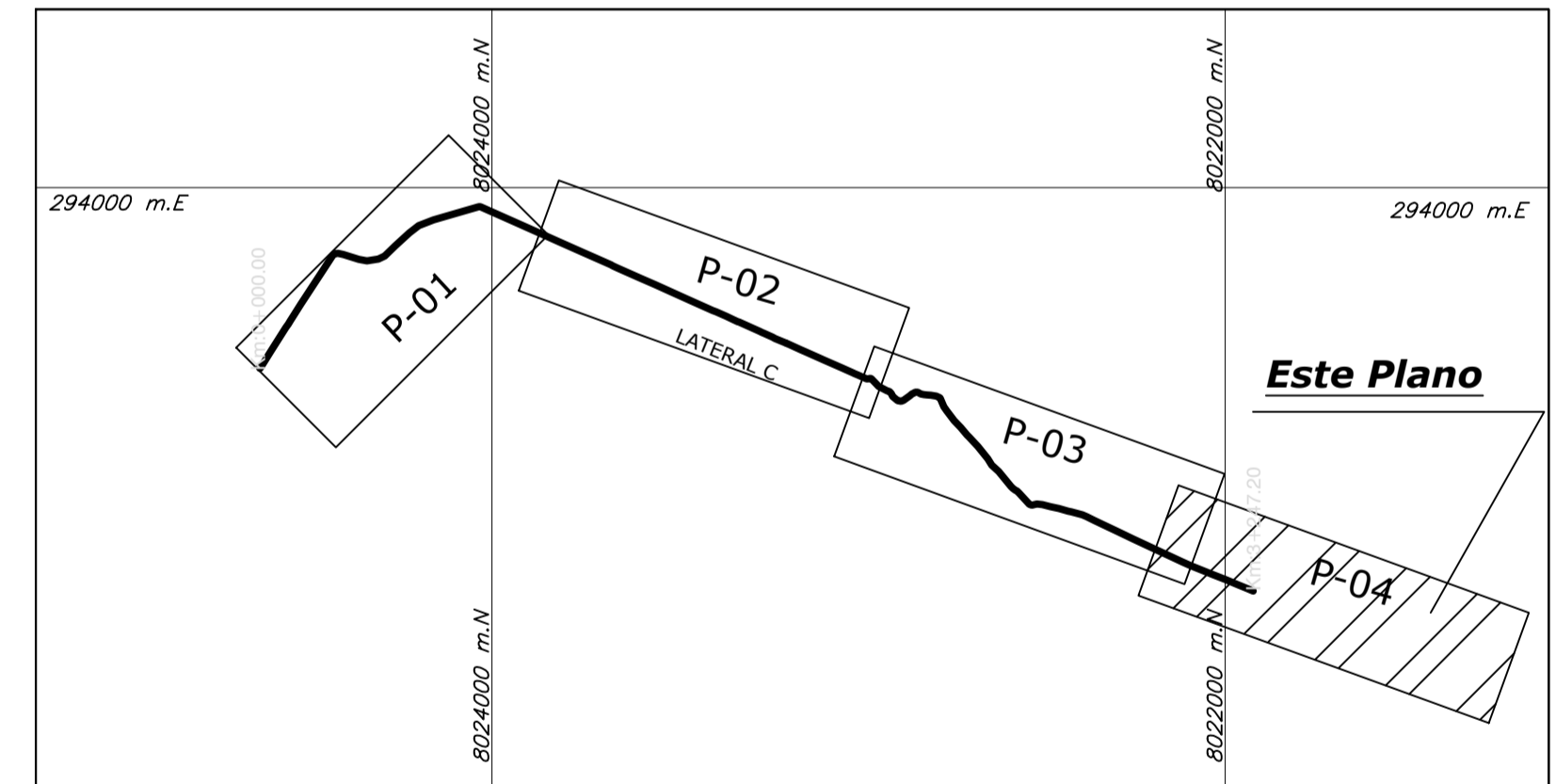
DATUM: WGS-84 AUTOR: BACH. Luis Denostenes Ramos Choque ESCALA: INDICADA FECHA: DIC - 2025

LEYENDA

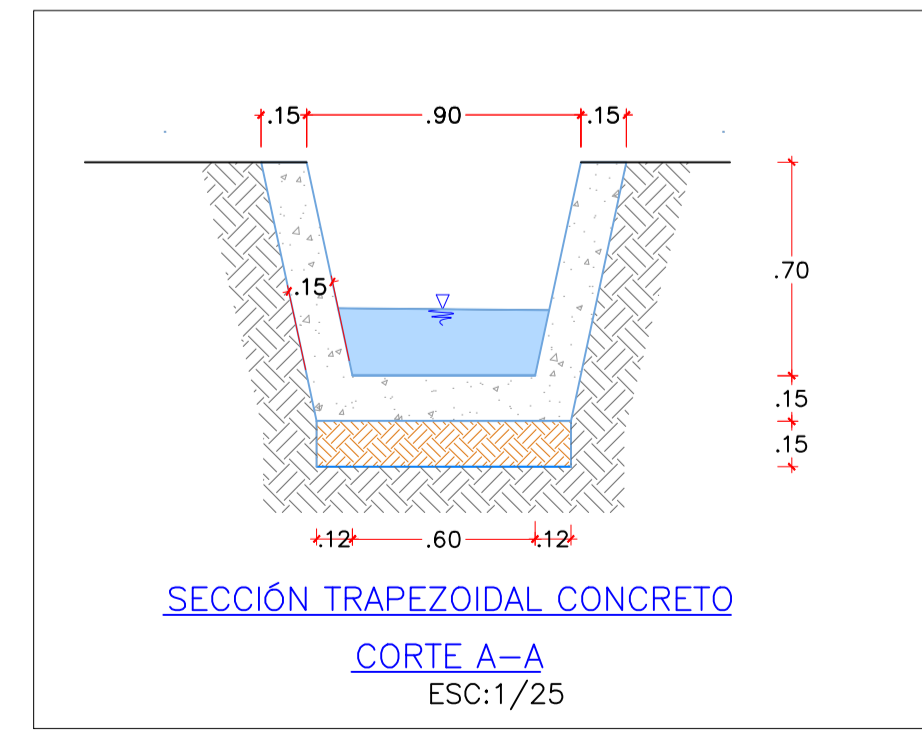


PLANTA
ESCALA: 1/1000

PLANO CLAVE
Escala 1/20000



PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: H=1/1250
V= 1/125



CUADRO DE CONTROL TOPOGRAFICO

1	8024632.613	293506.989	219.726	BM0
2	8024555.238	293627.600	203.061	BM1
3	8024037.980	293945.940	189.279	BM2
4	8023661.917	293784.577	183.935	BM3
5	8023416.128	293663.329	179.661	BM4
6	8022829.397	293421.950	140.901	BM5
7	8022675.270	293294.289	123.533	BM6
8	8022341.276	293084.466	115.110	BM7
9	8024912.909	293757.518	209.473	BM1.1
10	8024650.659	294156.549	170.003	BM1.2
11	8024488.009	293835.744	176.468	BM2.1
12	8024157.764	294045.905	140.587	BM2.2

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS : "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE - TACNA"			LAMINA
PLANO: PLANTA Y PERFIL Progresiva: 3+000 - 3+247.20			PP-04
DATUM: WGS-84	AUTOR: BACH. Luis Demóstenes Ramos Choque	ESCALA: INDICADA	FECHA: DIC - 2025

ANEXO F

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA HIDRÁULICA DE CANAL TRAPEZOIDAL LATERAL "C" KM 0+000 AL KM 3+247.20 DE LA LOCALIDAD CASA BLANCA, DISTRITO DE ITE - JORGE BASADRE – TACNA”

Definición del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Tipo de Investigación
¿Cuál es el nivel de eficiencia hidráulica de la infraestructura del canal trapezoidal lateral "C" KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.?	Determinar la eficiencia de la infraestructura hidráulica del canal trapezoidal lateral "C" KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.	La eficiencia hidráulica de canal trapezoidales lateral C, Distrito de Ite, Provincia de Jorge Basadre, Departamento de Tacna es mayor a un 50%, dado que el canal posee una antigüedad no mayor a 3 años.	Características de canal y prácticas de mantenimiento	Aplicada
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Indicadores de la V.I:	Nivel de investigación
-¿Cuál es la magnitud de los tirantes y de las velocidades en el canal trapezoidal lateral "C" KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.? -¿Cuál es el flujo de caudal que circula en el canal trapezoidal lateral "C" KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.? -¿Cuál es el estado actual de la infraestructura y del funcionamiento operativo del canal lateral "C" KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.?	- Medir la magnitud de los tirantes y hallar las velocidades en el canal trapezoidal lateral "C" KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024. - Determinar el flujo de caudal que transcurre en todo el canal trapezoidal lateral "C" KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024. - Evaluar el estado actual del canal lateral "C" para determinar si su funcionamiento operativo son adecuados en el lateral "C" KM 0+000 al KM 3+247.20 de la localidad Casa Blanca, Distrito de Ite, Provincia Jorge Basadre, departamento Tacna – 2024.	- Las magnitudes de los tirantes del canal lateral "C" y velocidades cambian moderadamente por las pérdidas de caudal y topografía del canal. - Los caudales que fluyen en el canal trapezoidal lateral C presentan variaciones por la geometría del canal y pérdidas de caudal. - El estado actual del canal lateral "C" presenta deficiencias en su infraestructura hidráulica.	-Revestimiento -Erosión. -Sedimentación. -Vegetación. -Obstrucción. -Limpieza -Frecuencia -Reparación -Descolmatación	Descriptivo y explicativo
			Indicadores de la V.D:	Diseño de investigación
			Variable Dependiente Eficiencia hidráulica de la infraestructura	No experimental, correlacional
				Método
				<ul style="list-style-type: none"> • Explicativo • Descriptivo
				Población
				La infraestructura completa del canal trapezoidal lateral "C" que abarca desde el KM 0+000 al KM 3+247.20 incluyendo sus canales de derivación.
				Muestra
				La muestra para esta investigación está conformada por el canal trapezoidal lateral "C" que abarca desde el KM 0+000 al KM 3+247.20.