

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
Facultad de Ingeniería- Sede Trelew



*PROYECTO ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE CANAL
COMUNERO*

Alumno: Huríñanco Leandro Exequiel

Tutores:

Interno: Ing. Díaz Farías, Carlos

Externo: Ing. Díaz, Lucas

Año: 2023



Contenido

1	Introducción	3
2	Objetivos.....	3
3	Localización y área de influencia	3
4	Demanda hídrica agrícola	4
5	Suelos.....	6
6	Sistema de riego.....	6
7	Eficiencia del riego.....	8
7.1	Factores a considerar en la eficiencia del riego	8
7.2	Pérdidas en conducción.....	8
7.3	Expresiones para el análisis de las pérdidas por infiltración.....	9
7.4	Fertilidad del suelo y del cultivo	11
8	Estructura productiva	12
9	Drenaje existente	12
10	Diagnóstico de la situación actual	13
10.1	Procedimiento del aforo	13
10.2	Relevamiento de la traza del canal	15
10.3	Análisis de datos.....	16
10.3.1	Cálculo del caudal teórico.....	17
10.3.2	Pérdidas teóricas por infiltración	17
10.4	Análisis de la eficiencia.....	20
10.5	Análisis de resultados	21
11	Propuestas sugeridas.....	22
12	Conclusiones y sugerencias.....	22
13	Bibliografía	23
14	Anexo.....	24
14.1	Datos auxiliares para el cálculo del requerimiento de agua del cultivo.....	24
14.2	Ficha técnica hidrómetro utilizado en el aforo.....	26
14.3	Fotografías aforo	26
14.4	Ficha técnica estación total:.....	27
14.5	Fotografías 1° tramo (Inicio – 1° cruce).....	28
14.6	Fotografías 2° tramos (1° cruce – 2° cruce).....	29
14.7	Fotografías 3° tramo (2° cruce – 3° cruce).....	30
14.8	Fotografías 4° tramo (3° cruce – Drenaje)	31



1 Introducción

En el marco de los proyectos de investigación que se desarrollan en la institución "INTA", con especial énfasis en el trabajo de campo y análisis de las zonas de los sectores productivos del VIRCh, se plantea la necesidad de caracterizar desde el punto de vista hidráulico un canal comunero, es decir, una herramienta indispensable utilizada en la producción de la zona.

En el presente informe se parte de la problemática y sus causas, la cual implica problemas con el uso del recurso y la infiltración producida en el canal, que se encarga de abastecer los cultivos de la zona. A partir de esto se plantea como alternativas posibles, el uso de un revestimiento, ya sea a lo largo de toda la traza o solo una parte de la misma.

Se inicia con la descripción del sistema de riego presente, abarcando su ubicación geográfica, clasificación y tipo de suelo presente, cultivos predominantes, su área de influencia, junto con el sistema de riego y drenaje.

Como punto final se describen las conclusiones y recomendaciones finales en base a todos los datos recogidos y trabajados, otorgando de forma adicional otro enfoque para abordar la problemática planteada.

2 Objetivos

Los objetivos que se plantean son:

- Relevamiento de las características del canal, desde los niveles topográficos, secciones tipo, materiales, hasta las obras de artes dispuestas a lo largo de su recorrido.
- Relevamiento de los cultivos en el área de influencia del canal por medio de recursos fotográficos en campo, satelitales o drones.
- Estimación de la demanda hídrica de los cultivos presentes en el área del canal.
- Estimación de los grados de eficiencia alcanzados en la conducción, distribución y aplicación del agua de riego.
- Integración y análisis de la información para estimar si la infraestructura y las condiciones de operación del canal pueden satisfacer apropiadamente la demanda de los cultivos.
- Plantear propuestas de mejora en el acceso y la eficiencia en el uso del agua a través de cambios en la infraestructura y operación del canal.

3 Localización y área de influencia

El canal se sitúa en el Valle Inferior del Río Chubut (VIRCH), ubicado en los departamentos de Rawson y Gaiman, Provincia de Chubut. Dentro de esta zona se presenta una extensión aproximada de 40.000has y una superficie regada actual de unos 18.000 has.

En la Figura 1, se tiene la localización geográfica del área relevada:

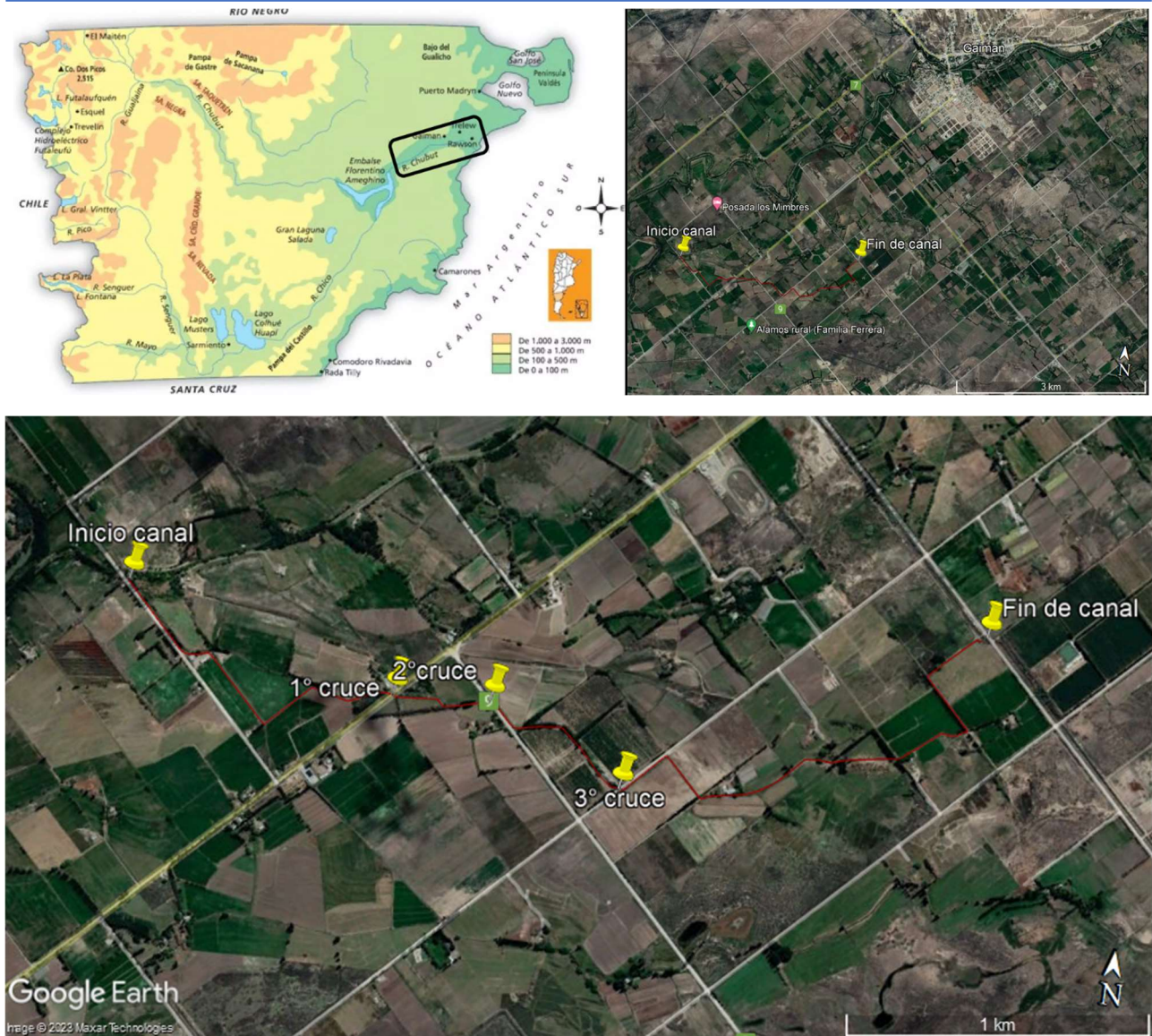


Figura 1. Ubicación de las localidades y rutas de acceso.

En particular el tramo de inicio es en la chacra “La Angostura”, ubicado en cercanías a la escuela N°130, sobre ruta N°9, uno de los principales accesos hacia la localidad de Gaiman. Se considera una zona fértil de la zona nordeste de la provincia de Chubut, donde se encuentran sectores rurales tales como Bryn Crwn, La Angostura, Villa Inés, Gaiman, Bryn Gwyn, Treorky, entre otras.

4 Demanda hídrica agrícola

Se define como la cantidad de agua necesaria para que los cultivos desarrollen su máximo potencial productivo, en función de la cantidad de agua que requieran para sus procesos fisiológicos. Para estimar este valor se recurre al software desarrollado por la División de desarrollo de tierras y aguas de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (Cropwat), teniendo en cuenta la diversidad de cultivos, proporción superficial y época de siembra y cosecha (ver anexo).

Procesando todos los datos correspondientes, el requerimiento de agua de cultivo resultante es:

Mes	Alfalfa mm/mes	Pastura mm/mes	Hortalizas mm/mes	Cerezo mm/mes	Prec, efec mm/mes
Enero	183,90	181,10	223,10	107,30	5,6
Febreo	41,10	41,10	136,90	75,40	17,5
Marzo	32,90	32,90	10,10	53,70	13,7
Abril	6,60	6,60	0,00	32,40	22,2
Mayo	6,40	6,40	0,00	0,10	9,9
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00	24,3
Julio	11,40	10,10	0,00	0,00	11
Agosto	47,60	49,60	0,00	0,00	11,3
Septiembre	74,40	81,90	0,00	0,00	9,3
Octubre	112,70	123,80	49,30	73,70	12,7
Noviembre	156,40	171,30	119,40	104,60	10,6
Diciembre	183,60	198,00	214,40	110,10	8,80
Totales	857,00	902,80	753,20	557,30	156,90
Total x mes	71,42	75,23	62,77	46,44	13,08

Tabla 1. Demanda agrícola en el VIRCh

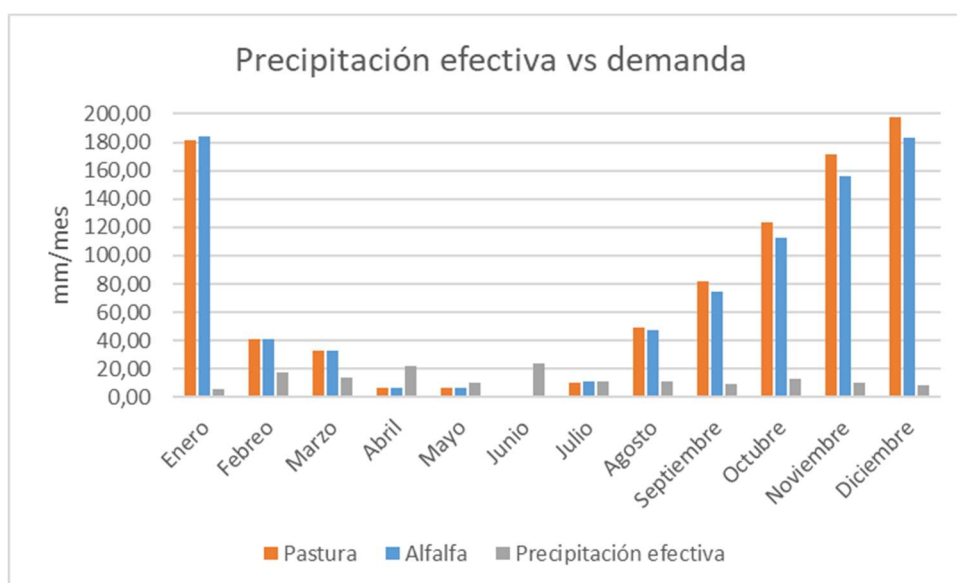


Figura 2. Comparaciones de requerimientos de riego de alfalfa y pastura versus la precipitación efectiva de la zona.

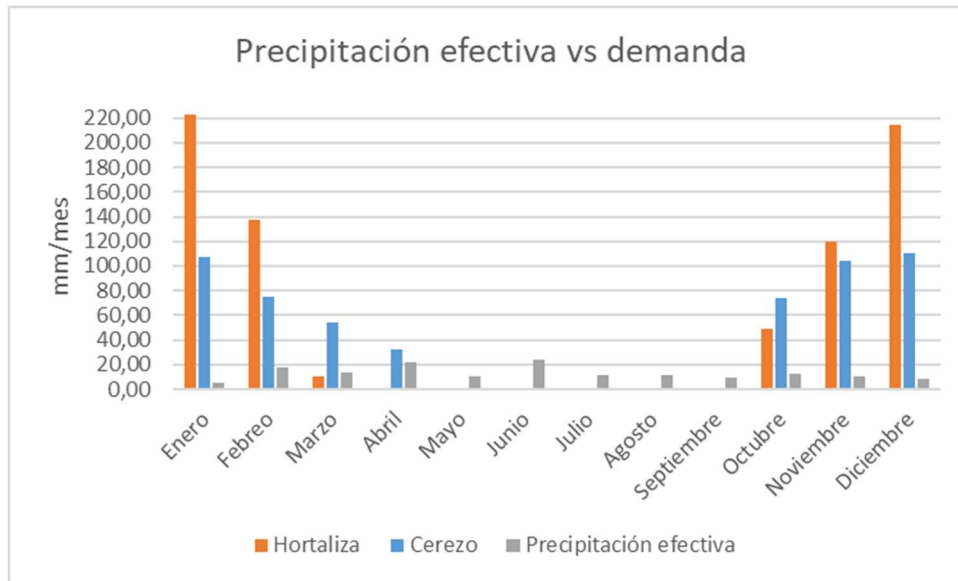


Figura 3. Comparaciones de requerimientos de riego de hortalizas y cerezos versus la precipitación efectiva de la zona.

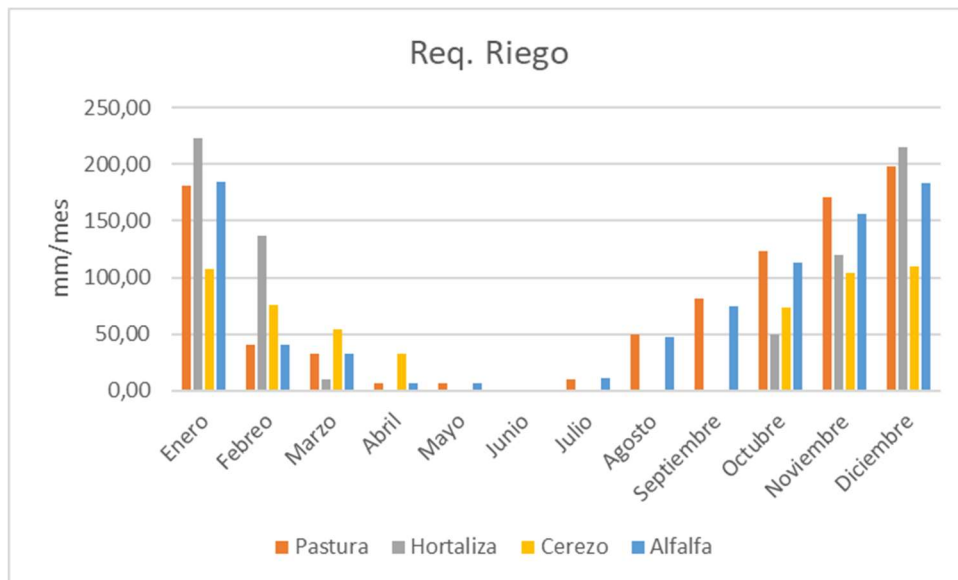


Figura 4. Comparaciones de requerimientos de riego para cada cultivo.

5 Suelos

En base a relevamientos históricos efectuados en la zona, se presenta una amplia presencia de materiales del tipo franco arcilloso, aunque debe destacarse la presencia de un patrón de distribución variable y complejo. A simple vista se puede observar un decrecimiento en la materia orgánica a medida que se tiene una mayor profundidad, junto con una vegetación predominante de arbustos, con plantas del tipo halófitas, las cuales indican de manera indirecta la baja salinidad que posee el suelo.

6 Sistema de riego

El canal a relevar atraviesa por distintos sectores productivos, los cuales mediante las compuertas correspondientes permiten un riego por superficie de las distintas áreas, a excepción de los cerezos, los cuales implementan un sistema de riego por goteo.

Sin tener en cuenta las obras de arte situadas en puntos específicos, todo el resto del sistema se encuentra sin revestir, con secciones muy deformadas por las limpiezas sucesivas a las cuales se somete. Respecto a las obras de arte actuales (compuertas, cruces peatonales y vehiculares), estas son insuficientes, además de encontrarse deterioradas por efectos del entorno en donde se encuentran.



Figura 5. Fotografías de las zonas de cultivos y tipos de compuertas existentes.



7 Eficiencia del riego

En lo que respecta a la relación entre el volumen de agua utilizado y el volumen extraído o derivado, se deben considerar las pérdidas; ya sean en el almacenamiento, durante la conducción o su aplicación correspondiente a las parcelas de los regantes. Estos parámetros son necesarios de analizar con el fin de realizar controles y regulaciones en los planes de distribución del recurso.

- Eficiencia de conducción
Permite evaluar el estado de operación y mantenimiento del canal desde la fuente hasta el comienzo de su distribución en las parcelas en las cuales es necesario la ejecución del riego. Es mayor cuando mejor sea el estado del canal, y se encuentra dada por la relación entre la cantidad de agua que ingresa al canal y la cantidad de agua con la que sale.
- Eficiencia en la aplicación
Evalúa la calidad de la operación del sistema de riego entre la fuente de captación y la entrada a las parcelas, además de definirse por la relación entre los caudales o volúmenes distribuidos a nivel de predios o parcelas de los usuarios y los volúmenes extraídos o derivados de una fuente de agua determinada.
- Eficiencia de distribución
Se obtiene en toda la red de canales, acequias, regadores o cauces que sirven para distribuir agua hacia las parcelas, fincas, predios o chacras de los usuarios. Su valor es mayor cuando mejor sea el estado del canal y las estructuras de distribución.

7.1 Factores a considerar en la eficiencia del riego

El clima es una de los factores de mayor importancia ya que incide de manera directa en el análisis de la evapotranspiración, la cual combina dos procesos: la pérdida de agua por evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración desde el cultivo.

La incidencia de estos procesos depende del grado de cobertura vegetal del suelo y puede controlarse por la radiación solar, ya que esta provee la energía con la cual se vaporiza el agua. Los valores de la transpiración y producción de materia seca del cultivo tienden a incrementar de forma proporcional y se encuentran relacionadas de manera variable según sea la especie vegetal.

La evaporación es el otro componente que afecta a la evapotranspiración de un cultivo, comenzando con humedecimiento de gran magnitud (tasa de evaporación limitada por la energía disponible que llega a la superficie del suelo) y luego, a partir de un suelo superficialmente seco (controlada por las características hidráulicas del suelo).

7.2 Pérdidas en conducción

Estas se pueden subdividir de acuerdo con su origen:

- Por infiltración: se producen principalmente en los cauces naturales de las corrientes y en los canales no revestidos.
- Por evaporación: son relativamente menores, aunque esto depende del área expuesta a la evaporación.
- Por manejo del agua en la red de distribución: estas se generan durante errores en el manejo del sistema de riego, ya que, en la mayoría de las situaciones, el agua, se distribuye de manera empírica.

De las mencionadas anteriormente, las pérdidas por filtración son las más significativas, ya que dependen del perímetro mojado, la longitud del canal, el coeficiente de infiltración y la carga hidráulica en cuestión.



7.3 Expresiones para el análisis de las pérdidas por infiltración

Previo a la aplicación de ecuaciones correspondientes, se deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

Condición de máxima eficiencia hidráulica

Esto se presenta cuando para un mismo valor de área y pendiente, se conduce una mayor cantidad de caudal. Esta condición implica que el perímetro mojado sea el mínimo

$$\frac{b}{y} = 2 * \left[(1 + m^2)^{\frac{1}{2}} - m \right] = 2 * \operatorname{tg} \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

Donde:

- y es el tirante del canal, en la nomenclatura trabajada se lo designa como “h”
- m es el talud del canal, en la nomenclatura trabajada se lo designa como “z”
- θ es el ángulo del talud respecto de la horizontal.
- b es el ancho de solera.

Condición de mínima infiltración

Esta se suele aplicar cuando se busca obtener la menor pérdida posible de agua por infiltración en canales de tierra. A su vez este valor depende del tipo de suelo, el tirante del canal y responde a la siguiente expresión:

$$\frac{b}{y} = 4 * \operatorname{tg} \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

Cabe destacar que también se deben considerar otros factores, tales como; tipo de material del canal, coeficientes de rugosidad, velocidades, pendientes, taludes, entre otras.

Ecuación de Manning

Ya sea para determinar las secciones o calcular los caudales, se utiliza la expresión:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_H^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

- Q es el caudal, en m³/s.
- n es el coeficiente de Manning de acuerdo a la rugosidad del canal.
- A es el área transversal del canal, en m².
- R_H es el radio hidráulico del canal, en m.
- S es la pendiente del canal.

La rugosidad que presenta el canal depende del talud, el cauce, vegetación, obstrucción, obras de arte, etcétera.

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1. Metal			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado			
	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloques de piedra labrados			
	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal			
	0.030	0.500

Material	n	Agua limpia		Agua que transporta limos coloidales	
		V _c pies/s	τ _a lb/pie ²	V _c pies/s	τ _a lb/pie ²
Arena fina coloidal	0.020	1.50	0.027	2.50	0.075
Marga arenosa no coloidal	0.020	1.75	0.037	2.50	0.075
Marga limosa no coloidal	0.020	2.00	0.048	3.00	0.11
Limos aluviales no coloidales	0.020	2.00	0.048	3.50	0.15
Marga firme ordinaria	0.020	2.50	0.075	3.50	0.15
Ceniza volcánica	0.020	2.50	0.075	3.50	0.15
Arcilla rígida muy coloidal	0.025	3.75	0.26	5.00	0.46
Limos aluviales coloidales	0.025	3.75	0.26	5.00	0.46
Esquistos y subsuelos de arcilla dura	0.025	6.00	0.67	6.00	0.67
Grava fina	0.020	2.50	0.075	5.00	0.32
Marga gradada a cantos rodados, no coloidales	0.030	3.75	0.38	5.00	0.66
Limos gradados a cantos rodados coloidales	0.030	4.00	0.43	5.50	0.80
Grava gruesa no coloidal	0.025	4.00	0.30	6.00	0.67
Cantos rodados y rípios de cantera	0.035	5.00	0.91	5.50	1.10

Tabla 2. Valores de coeficientes n de Manning, para canales revestidos y naturales.

Respecto a los valores de velocidades, se debe tener en cuenta un máximo para que no erosione y un mínimo que depende del material y la rugosidad (se recomienda según U.S BUREAU OF RECLAMATION).

Finalmente, para determinar las pérdidas de agua por infiltración, las expresiones empíricas a considerar son:

	C [adm]	Pérdidas de agua por filtración F [m³/seg.Km]
Etcheverry	0.625	$F = 0,0064 \cdot C_e \cdot \sqrt{h} \cdot [b + 1,33 \cdot h \cdot \sqrt{1 + z^2}]$
Pavlovsky	1.00E-07	$F = 1000 \cdot k \cdot [b + 2h(1 + m)]$
Ingham	-	$F = 0,025 \cdot \sqrt{h} \cdot (b + 2 \cdot m \cdot h)$
Davis y Wilson	15	$F = \frac{C_d \cdot h^{1/3} \cdot [b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + z^2}]}{8861 + 8 \cdot \sqrt{h}}$
Punjab	0.01	$F = C_p \cdot Q^{0,563}$
Kostiakov	1.00E-07	$F = 1000 \cdot k \cdot [b + 2,4 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}]$
Moritz	0.13	$F = 0,0375 \cdot C_m \sqrt{A}$

Tabla 3. Expresiones empíricas para la determinación de pérdidas por infiltración.



De aquí, los coeficientes C y k , dependen del tipo de suelo en cuestión y el material de revestimiento. Luego de aquí, se obtienen la pérdida “ F ” promedio, en unidades de $m^3/\text{seg.km}$.

En el caso de que el canal se revistiese con hormigón, se debe tener en cuenta, la relación entre el ancho del canal y la solera, para así, proceder a obtener el caudal erogado:

$$Q_{perdido} = F * L$$

Donde:

- L es la longitud del canal.

$$Q_{erogado} = Qd - Q_{perdido}$$

Reemplazando los datos necesarios para obtener la pérdida por infiltración:

$$F = k * \frac{y}{e} (b + h * \sqrt{1 + z^2}) * 1000$$

Donde:

- k es un coeficiente que depende del tipo de suelo.
- y es el tirante del canal.
- m es el talud del canal, en la nomenclatura trabajada se lo designa como “ z ”
- e es el espesor del revestimiento (depende del caudal erogado).
- b es el ancho de solera.

7.4 Fertilidad del suelo y del cultivo

La fertilidad del suelo es uno de los parámetros fundamentales en el análisis de la eficiencia del riego. Debido a esto, la mayoría de las personalidades que se dedicaron a este tipo de estudio, sostienen que mayores niveles de nitrógeno propician mayores valores de este parámetro. Esto se fundamenta a partir de que, la función de este nutriente arroja un incremento en el proceso de transpiración y una reducción en la evaporación por mayor cobertura de suelo.

Por otro lado, se tienen el uso de fertilizantes sintéticos y orgánicos, los cuales incrementan el nivel de eficiencia debido al aumento en la materia orgánica del suelo. Este incremento en el rendimiento del cultivo, este sujeto a variaciones que dependen de la interacción en el cambio de las características morfológicas y fisiológicas del canopeo, inducida por el entorno ambiental.

Otro factor incidente es la salinidad del suelo, ya que, afecta al crecimiento, área foliar, y los procesos de fotosíntesis y evapotranspiración a través de cambios en el estado hídrico de los cultivos. Otras condiciones incidentes también pueden ser las atmosféricas y el contenido de humedad en el suelo, ya que altas temperaturas pueden disminuir el umbral salino en el cual las plantas comienzan a reducir su rendimiento.

8 Estructura productiva

En su recorrido, el mayor porcentaje de cultivo trabajado es el de alfalfa y pasturas, seguido de producciones hortícolas como frutales:



Figura 6. Superficies cultivadas a lo largo de la traza del canal comunero.

Respecto a las áreas que abarca cada cultivo a lo largo de la traza, se tiene:

	Alfalfa	Pastura	Hortalizas	Cerezo
Total (Ha)	13,87	8,94	3,84	9,43

Tabla 4. Cantidad total de hectáreas necesarias para cubrir cada tipo de cultivo.

Cabe destacar que los cultivos se riegan de manera organizada y pautaada entre los regantes, por periodos definidos para cada parcela. Debido a esto, es que se puede analizar la situación más desfavorable en la que se lleve a cabo el riego de la parcela que más demanda tenga y que mayor superficie abarque. Esto se llevará a cabo más adelante en el presente informe.

9 Drenaje existente

El punto final donde culmina el canal estudiado es en el sistema de drenaje que posee en VIRCh, en el sistema de colectores sur (zona D), el cual abarca La Angostura, Gaiman, Bryn Gwyn, Drofa Dulog y culmina en el Puente Hendre.

De acuerdo con lo reflejado en la Figura 7, se puede observar un caudal final que es inutilizado durante el recorrido a lo largo del canal, siendo recolectado por el drenaje. A simple vista se observa un volumen constante de agua que podría aprovecharse de otra manera a fines de alcanzar la máxima eficiencia posible.



Figura 7. Fotografía del drenaje existente al final del recorrido del canal.

10 Diagnóstico de la situación actual

El trabajo realizado en campo consiste en diversas tareas, de las cuales se obtienen los datos con los que se desarrolla la evaluación final:

- ✓ **Aforo:** consiste en la medición de la velocidad, en la sección del canal, empleando un medidor hidrométrico, con el cual se puede obtener de manera directa el valor de la velocidad. Como características más destacadas del equipo de medición, este posee una amplia escala de medición, y es de operación sencilla.
El proceso fue realizado teniendo en cuenta una cantidad total de 50 vueltas, en la compuerta de ingreso (máxima demanda).
- ✓ **Relevamiento topográfico de la traza del canal:** consiste en la medición de los niveles del agua y borde, en distintos puntos de paso a lo largo de toda la trayectoria del canal. Para esto, se consideró prudente la medición cada 15 pasos, registrando con la ayuda del prisma los valores captados por el equipo.

10.1 Procedimiento del aforo

Con el fin de obtener una buena representación de las velocidades a lo ancho de la sección del canal, se subdivide a esta en fajas de igual dimensión, dentro de las que se realiza la medición con el instrumento. En cada faja se debe medir el tirante, calcular las profundidades de medición de interés (0,2h, 0,6h, 0,8h) y luego llevar a cabo la medición en cada punto identificado.

La sección de 2,10m se subdividió en 5 fajas de 0,42m cada una, midiendo a su vez el tirante con una mira graduada. Luego, con todos los datos geométricos de se pudo hacer un croquis en AutoCAD (como muestran la figura 10), que nos proporcionó los valores de área y el perímetro mojado.

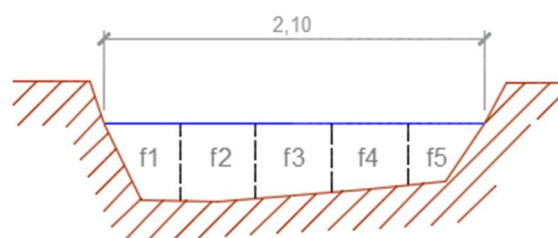


Figura 8. Croquis de la sección de canal, dividido en fajas.

En la sección se realizó el aforo en cada faja a diferentes profundidades. Se hizo a 0,2, 0,4, 0,8 del tirante respecto del medio de la sección de la faja correspondiente.

En la tabla 5 se detallan los valores de los tirantes medidos para cada faja en la sección y las velocidades individuales obtenidas en cada tramo de dicho tirante.

FAJA N°	tirante (m)	U (m/s)		
		0,2 fondo	0,6 fondo	0,8 fondo
1	0,42	0,12	0,374	0,360
2	0,43	0,145	0,460	0,520
3	0,40	0,200	0,517	0,582
4	0,36	0,341	0,581	0,587
5	0,32	0,170	0,430	0,472

Tabla 5. Tirantes y velocidades en cada tramo de las fajas de la sección en estudio.

Para obtener la velocidad media del agua en cada faja, en primer lugar, suponemos que el perfil del recorrido de dicho fluido es logarítmico ya que estamos en un régimen turbulento. Luego al perfil (Figura 9) de cada faja lo aproximamos a trapecios y obtendremos que:

$$\int v * dh = \frac{V_{0,8} + V_{0,6}}{2} * (0,8 * h - 0,6 * h) + \frac{V_{0,6} + V_{0,2}}{2} * (0,6 * h - 0,2 * h)$$

Además, si:

$$\Delta h_{0,8} = 0,8 * h - 0,6 * h$$

$$\Delta h_{0,6} = 0,6 * h - 0,2 * h$$

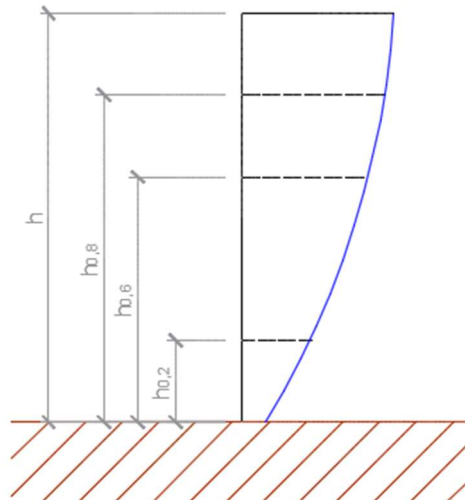


Figura 9. Perfil de velocidades del canal estudiado, con referencias de interés.

Entonces, reemplazando, distribuyendo y agrupando la ecuación nos queda:

$$\int v * dh = V_{0,8} * \left(\frac{\Delta h_{0,8}}{2}\right) + V_{0,6} * \left(\frac{\Delta h_{0,8} + \Delta h_{0,6}}{2}\right) + V_{0,2} * \left(\frac{\Delta h_{0,6}}{2}\right)$$

El valor de la velocidad media por faja será:

$$U_{med} = \frac{\int v * dh}{h}$$

En la tabla 6 se puede observar los valores de las expresiones definidas anteriormente para obtener la velocidad media en cada faja analizada.

faja	h (m)	$\Delta h_{0,8}$	$\Delta h_{0,6}$	U (m/seg)
1	0,42	0,084	0,168	0,172
2	0,43	0,086	0,172	0,219
3	0,40	0,080	0,160	0,253
4	0,36	0,072	0,144	0,301
5	0,32	0,064	0,128	0,210

Tabla 6. Resultados de las velocidades medias en cada faja de la sección.

Con estos valores de velocidad, el tirante y la longitud de las subdivisiones, se obtiene el caudal que pasa por cada una de estas, y la suma de todas ellas será igual al total:

$$Q = \sum Q_i = \sum h_i * b_i * U_i$$

A continuación, se muestran los valores de los tirantes, la base de cada faja y el caudal que pasa por cada una de ellas.

faja	b (m)	h(m)	Caudal (m ³ /seg)
1	0,42	0,42	0,0304
2	0,42	0,43	0,0396
3	0,42	0,40	0,0426
4	0,42	0,36	0,0455
5	0,42	0,32	0,0283

Tabla 7. Valores calculados de caudal que pasa por cada faja, el gasto total es igual a la suma de ellas.

Entonces el caudal de agua que pasa es:

$$Q = 0,1863 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Cabe destacar de todas maneras que el valor del caudal no es constante en todo momento, sino que tiene variaciones, según sea el calendario de riego que modifique la demanda, y el comportamiento que presente el canal principal desde el cual se abastece al canal comunero.

10.2 Relevamiento de la traza del canal

- ✓ Relevamiento topográfico entre estacas (cabecera y drenaje): consiste básicamente en relevar la sección transversal y longitudinal del canal, mediante el uso de instrumentos de medición topográfica. Con este método se busca obtener la diferencia de nivel entre los puntos a lo largo de toda la traza del canal, considerando el nivel de agua y el borde en el terreno natural.

Los elementos utilizados son una estación total Kolida KTS-442Rc, un trípode y una mira con el prisma receptor, con los cuales mediante puntos de paso intermedios se logra relevar longitudinalmente la trayectoria. Por otro lado, al medir el desnivel entre los puntos respecto al pelo de agua de canal, se logra obtener la pendiente i del canal.

Con respecto a los puntos elevados máximos al borde de cada sección del canal, se puede calcular un área máxima, para así obtener el caudal máximo que puede transportar el canal sin que haya desbordes por sus laterales.

Todos los datos registrados fueron un total de 947 puntos, con una cantidad total de 36 estacas de paso, las cuales fueron necesarias para orientar el instrumento, a medida que se procedía con la medición.

De todas maneras, es importante destacar que existieron zonas a lo largo de la traza en las que el acceso del prisma para la medición con el instrumento no fue posible, por lo que en dichas zonas no hubo puntos de paso, lo cual se ve reflejado en el plano como tramos rectos muy extensos, los cuales en la situación real no son así.

10.3 Análisis de datos

Los datos correspondientes al canal son:

- Pendiente promedio: 0,001633
- Coeficiente de Manning estimado (franco-arcilloso): 0,025
- Longitud total: 3833,29m

Respecto al ancho superficial, presenta variaciones destacadas, desde valores de 1,42m a 2,20m, a lo largo de diversos puntos de la traza. Esto contribuye a que se presenten variaciones en los tirantes, los cuales dependerán de la demanda diaria exigida.

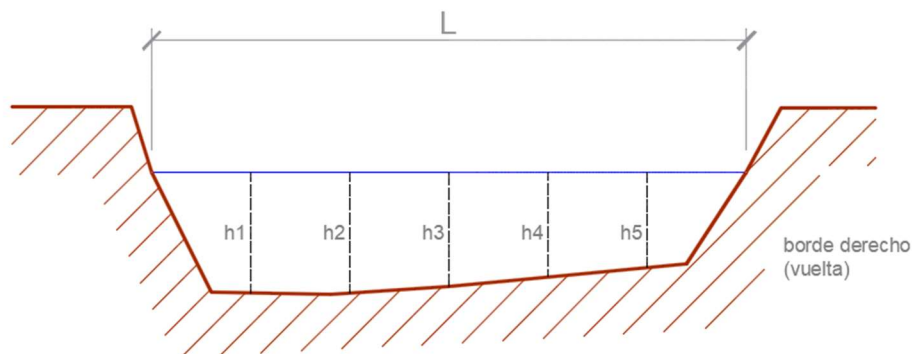


Figura 10. Referencias para las secciones registradas.

Secciones registradas							
Número	L(cm)	h1(cm)	h2(cm)	h3(cm)	h4(cm)	h5(cm)	Área (cm ²)
1	142	19	21	25	20	18	2437,67
2	165	15	20	18	20	15	2420,00
3	170	20	25	23	18	18	2946,67
4	200	21	30	30	25	17	4100,00
5	190	22	30	35	32	20	4401,67
6	220	15	21	28	25	12	3703,33
7	180	10	12	15	15	15	2010,00
8	220	11	10	12	11	11	2016,67
9	210	7	9	10	9	8	1505,00
10	120	15	15	15	15	15	1500,00
11	260	50	60	60	52	49	11743,33
12	160	40	50	51	51	45	6320,00
13	240	40	58	58	55	43	10160,00

14	260	30	33	40	35	30	7280,00
15	240	40	45	52	45	42	8960,00
16	265	25	35	40	36	30	7331,67
17	260	30	40	45	40	33	8146,67
18	200	20	22	25	21	19	3566,67
19	250	30	40	40	40	30	7500,00
20	200	40	45	50	45	40	7333,33

Tabla 8. Valores de tirantes y anchos superficiales registrado a lo largo de la traza.

10.3.1 Cálculo del caudal teórico

Utilizando la ecuación de Manning, se debe plantear la igualdad:

$$\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} = A * R_H^{2/3}$$

$$\left(\frac{Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^3 = \frac{A^5}{(P_m)^2}$$

A partir de los valores registrados en el aforo, trabajando un valor de sección y perímetro mojado promedio, se obtienen las propiedades de la misma: se tiene:

- Perímetro mojado: 2,4269m
- Área: 0,5270 m²

$$\frac{A^5}{(P_m)^2} = \frac{(0,5270 \text{ m}^2)^5}{(2,4269 \text{ m})^2} = 0,0069016$$

Con ayuda de la función buscar objetivo se obtiene un **valor del caudal para los valores planteados, de 0,2981m³/s.**

$$\left(\frac{0,2981 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 0,025}{(0,001633)^{\frac{1}{2}}} \right)^3 = 0,006289 \Rightarrow \text{Verifica cálculo parcial}$$

Entonces, para las dimensiones registradas en la sección, con una pendiente promedio de la traza total y un coeficiente de Manning adoptado, el valor de caudal teórico es de **0,2981 m³/s.**

10.3.2 Pérdidas teóricas por infiltración

En base al dato del coeficiente de Manning (0,025) y las características del terreno, podemos asumir un tipo de suelo franco-arcilloso. Luego, se determinan los coeficientes empíricos para cuantificar la infiltración Ce; Cp; Cm; Cd; k y calculamos mediante los distintos métodos los valores de F:

Método de Ingham:

$$F = 0,0025 * \sqrt{h} * (b + 2 * z * h) = 0,0025 * \sqrt{0,25\text{m}} * (2,10\text{m}) = \mathbf{0,0026}$$

Método de Etcheverry:



$$F = 0,0064 * Ce * \sqrt{h} * (b + 1,33 * h * \sqrt{1 + z^2})$$
$$= 0,0064 * 0,7 * \sqrt{0,25m} * (2,10 m + 1,33 * 0,25m * 1) = \mathbf{0,0054}$$

Método de Pavlovsky:

$$F = 1000 * k * (b + 2 * h * (1 + z)) = 1000 * 5 \times 10^{-7} \frac{m}{seg} * (2,10m + 2 * 0,25m * (1)) = \mathbf{0,0013}$$

Davis y Wilson:

$$FF = C_d * h^{\frac{1}{3}} * \frac{(b + 2 * h * \sqrt{1 + z^2})}{8861 + 8 * \sqrt{U}} = 15 * (0,25m)^{\frac{1}{3}} * \frac{(2,10m + 2 * 0,25m * \sqrt{1})}{8861 + 8 * \sqrt{0,566 \frac{m}{seg}}} = \mathbf{0,0022}$$

Método de Punjab:

$$F = C_p * Q^{0,563} = 0,02 * \left(0,2981 \frac{m^3}{seg}\right)^{0,563} = \mathbf{0,010}$$

Método de Mortiz:

$$F = 0,0375 * C_m * \sqrt{A} = 0,0375 * 0,13 * \sqrt{0,527 m^2} = \mathbf{0,0035}$$

Método de Kostiakov:

$$F = 1000 * k * (b + 2,4 * h * \sqrt{1 + z^2}) = 1000 * 5 \times 10^{-7} \frac{m}{seg} * (2,10 m + 2,4 * 0,25m * \sqrt{1}) = \mathbf{0,0013}$$

* La dispersión es muy grande en las fórmulas de *Etcheverry* y *Punjab*, por lo que no se tienen en cuenta para el promedio.

TABLAS 1- COEFICIENTES PARA LAS FORMULAS DE FILTRACIÓN

Valores de Ce:	
Tipo de suelo	Ce
Arcillosos	0,25 - 0,50
Franco arcilloso	0,50 - 0,75
Limosos y francos	0,75 - 1
Franco arenoso	1 - 1,5
Arenas finas	1,5 - 2,1
Arenas gruesas	2 - 2,5
Gravas	2,5 - 6

F. Etcheverry (1915)

Valores de Cd:	
Tipo de material	Cd
Hormigón (e = 10cm)	1
Arcilla (e = 15cm)	4
Enlucido de cemento (e = 25cm)	6
Arcilloso	12
Franco arcilloso	15
Franco	20
Franco arenoso	25
Arcilla limosa	30
Arena	40 - 70

F. Davis - Wilson

Valores de k [cm/seg.]	
Tipo de material	k
Grava	$10^{-2} - 10^{-1}$
Arena gruesa	$10^{-1} - 10^{-3}$
Arena fina	$10^{-3} - 10^{-4}$
Tierra arenosa	$10^{-3} - 10^{-5}$
Tierra franco arcillosa	$10^{-5} - 10^{-9}$
Tierra franca	$10^{-4} - 10^{-7}$
Limo	$10^{-4} - 10^{-5}$
Arcilla	$10^{-6} - 10^{-8}$
Arcilla compacta	$10^{-7} - 10^{-10}$
Hormigón	$10^{-5} - 10^{-7}$

F. Pavlovski (1924) - Kostiakov

Tipo de suelo	Cm
Franco arcilloso impermeable	0,08 - 0,30
Franco arcilloso semi-impermeable sobre arcilla compacta, a profundidad no mayor de 1 m bajo el fondo del canal.	0,11 - 0,15
Franco arcilloso ordinario, limo.	0,15 - 0,23
Franco arcilloso con arena o grava, grava cementada (conglomerados), arcilla y arena.	0,23 - 0,30
Franco arenosos	0,30 - 0,45
Suelos arenosos sueltos	0,45 - 0,55
Suelos arenosos con grava	0,55 - 0,75
Roca desintegrada con grava	0,75 - 0,90
Suelo con mucha grava	0,90 - 1,90

F. Moritz

Cp = 0,03	Suelos muy permeables
Cp = 0,02	Suelos comunes (medios)
Cp = 0,01	Suelos impermeables

F. Punjab

Tabla 9. Coeficientes para las fórmulas de infiltración.

Los coeficientes utilizados son los siguientes:

- Ce=0,7
- Cp=0,02
- Cm=0,13
- Cd=15

Para obtener un valor de pérdida (F) promediamos aquellos valores obtenidos de los distintos métodos, que se aproximan a un valor medio común

$$F = 0,0022 \frac{m^3}{seg * Km}$$

La Pérdida en toda la longitud del Canal es:

$$Q_{perdido} = F * L = 0,0022 \frac{m^3}{seg * Km} * 3,83329 Km = 0,00843 \frac{m^3}{seg}$$

$$Q_{erogado} = Q_d - Q_{perdido} = 0,2981 \frac{m^3}{seg} - 0,0084 \frac{m^3}{seg} = 0,2897 \frac{m^3}{seg}$$

$$\% \text{ pérdida} = \frac{0,0084 \frac{m^3}{seg}}{0,2981 \frac{m^3}{seg}} * 100\% = 2,82\%$$

De acuerdo con estos valores obtenidos, se puede decir que de la totalidad de agua que recorre el canal, teniendo en cuenta la sección actual, se pierde una 2,82% por filtración.

Si esta pérdida se manifiesta en el valor de aforo:

$$Q_{perdido} = Q_{medido} * 0,0282 = 0,1863 \frac{m^3}{s} * 0,0282 = 0,0052 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{erogado} = Q - Q_{perdido} = 0,1863 \frac{m^3}{seg} - 0,0052 \frac{m^3}{seg} = 0,181 \frac{m^3}{seg}$$

Cabe destacar que la metodología presentada previamente es una forma simplificada de estudio, ya que se lleva a cabo con valores promedios, y no por tramos definidos en función del tipo de suelo y variaciones de secciones presentes.

10.4 Análisis de la eficiencia

De acuerdo con los valores teóricos obtenidos, se puede plantear un valor mensual para el cálculo del requerimiento total. Sabiendo que 1mm de altura de agua es equivalente a un volumen de 1 litro por metro cuadrado

$$1 \frac{mm}{mes} = 1 \frac{l}{m^2 * mes} = 10000 \frac{l}{Ha * mes}$$

Teniendo en cuenta los meses más desfavorables con las parcelas más grandes:

	Alfalfa	Pastura	Hortalizas	Cerezo
mm/mes	183,90	198,00	223,10	110,10
Cantidad (*) (Ha)	2,7	1,68	1,3	6,12
l/mes	4965300	3326400	2900300	6738120
l/dia	165510	110880	96676,6667	224604

Tabla 10. Valores de tipo de cultivo y parcelas, que mayor demanda exigen.

(*) Aclaración: los valores presentados en esta fila corresponden solo a los de las parcelas más grandes, según el tipo de cultivo. Los valores totales son los expuestos en la tabla 4.

De aquí se deduce que los cerezos son el cultivo de que mayor volumen de agua necesita de forma mensual, por lo que se debe verificar las exigencias que presenta, y verificar con los valores que dispone el canal en la actualidad.

Considerando que los métodos de riego no permiten aplicar el agua con una eficiencia de 100%, el volumen a aplicar (sistema de riego por goteo). Para un valor de 80%:

$$V_t = \frac{V_a}{e} = \frac{224604 \frac{l}{dia}}{0,80} = 280755 \frac{l}{dia}$$



De esta manera son necesarios 280755 l/día para regar la parcela de 6,12 Ha de cerezo (superficie más grande a regar).

Para periodos de riego de 10 a 15 días, el caudal disponible lo puede cubrir sin inconveniente, aunque se debe prestar atención al tiempo necesario de riego y la ubicación de la parcela respecto a la toma, ya que en base a estas condiciones se debe proceder al riego (apertura de compuerta, llegada del volumen de agua a la parcela a regar, tiempos de riego, entre otros).

10.5 Análisis de resultados

Resumiendo, los valores obtenidos:

Del análisis de la Tabla 10, se pueden obtener los siguientes valores de caudales ficticios continuos:

Alfalfa: 183,9 mm/mes \rightarrow 0,709 l/(s * Ha)

Pasturas: 198 mm/mes \rightarrow 0,764 l/(s * Ha)

Hortalizas 223 mm/mes \rightarrow 0,861 l/(s * Ha)

Cerezos 113 mm/mes \rightarrow 0,425 l/(s * Ha) (*)

Total, de 2,76 l/(s * Ha)

(*) se debería considerar un caudal anti heladas con lo cual incrementaría el caudal estimado.

Para el total de hectáreas a servir por el canal, cuya suma es de 36,08 ha, y teniendo en cuenta la hipótesis de que 90% de esa superficie se encuentra cubierta por cultivo, resulta el módulo necesario para el caudal de diseño de:

$Q_d = 2,75 * 36,08 \text{ Ha} * 0,9$ (de tabla 4) = 89,30 l/s \rightarrow Al compararlo con el aforado de 186 l/s, está más cerca del entregado o aforado.

En base a lo presentado en el cuadro anterior, se puede concluir parcialmente que no se presentan problemas de falta de agua para los cultivos analizados, ya que, se evidencia un exceso en el caudal entregado, para la situación en que la compuerta opera con apertura máxima de su sección.

Respecto a las diferencias entre el caudal de diseño Q_d obtenido (0,2897m³/s) y el aforado en campo (0,181 m³/s) se pueden atribuir a:

- Errores propios del método de aforo seleccionado.
- El valor del pendiente empleado en el cálculo es un promedio a lo largo de toda la traza, mientras que la medición fue realizada en una sección al inicio del canal.
- Caudal disponible del canal principal por debajo del valor máximo en el día de la medición.
- El coeficiente de Manning elegido es para el tipo de suelo franco arcilloso, mientras que en el canal existen variaciones, no solo en el tipo de suelo, sino también en la cobertura vegetal presente.

Respecto del análisis de las pérdidas por infiltración, los valores reflejados por cada uno de los autores a los cuales se recurrió para efectuar el cálculo, arrojan valores similares, por lo que es válido optar por un valor promedio a la hora de efectuar el cálculo final.



11 Propuestas sugeridas

De acuerdo con los resultados obtenidos hasta el momento, NO se presenta un déficit en la utilización del agua como recurso de riego para la zona de estudio. De todas formas, si se busca aumentar la eficiencia, las mejoras que pueden aplicarse, desde el punto de vista económico, práctico y de impacto inmediato pueden ser:

- 1) Corrección de los perfiles transversales a medida que se avanza en el recorrido del canal, desde la cabecera hasta el drenaje. Existen zonas en las que la vegetación y falta de mantenimiento han alterado la traza “telescópica” que debe poseer el canal. Se presentan gran cantidad de perfiles que no respetan la transición de sección ensanchada a sección estrecha.
- 2) Identificar tramos donde la permeabilidad sea crítica (valor elevado) y alterar el tipo de suelo. En zonas cercanas a otros cursos de agua, o donde el nivel freático es elevado, se tienen suelos permeables que intensifican las pérdidas por infiltración. Para contrarrestar esto, se plantea una remoción del suelo en la solera y su cambio por uno de características impermeables (arcilloso), para así mejorar la eficiencia de transporte.
- 3) Recurrir a mezclas como suelo-cemento, materiales de descarte de canteras, hormigones proyectados, entre otros. De todas maneras, la elección de una u otra opción deberá fundamentarse desde el punto de vista de la disponibilidad de materiales, mano de obra especializada, maquinaria adecuada e incluso recursos económicos disponibles.
- 4) Revestir toda la traza del canal con hormigón. Si bien es una solución que mejoraría los problemas de infiltración, puede resultar antieconómico, ya que implica uso de mano de obra especializada, materiales de cantera, encofrados, juntas constructivas, reacondicionamiento de las obras de arte existentes, entre otros aspectos.
- 5) Desde el punto de vista operacional, una mejora en la comunicación y colaboración entre los regantes que utilizan el recurso, puede mejorar el uso del mismo, sin producir conflictos o disminuirlos.
- 6) Brindarle un uso productivo en el tramo final del canal, sin perderlo, al volumen de agua que se pierde en el drenaje.

12 Conclusiones y sugerencias

Si bien la inversión necesaria para llevar a cabo una de las alternativas puede ser elevada, los beneficios directos e indirectos por la aplicación de la propuesta son muy significativos:

- Ahorro en insumos, ya que se tendrían tierras más productivas y un aumento en valor de las ya existentes.
- Disminución de problemáticas que afectan a los productores, alcanzando menores costos de producción, mejoras en la organización y el proceso de riego.
- Mejora en la utilización del recurso, con una napa freáticas más estable, ayudando a los suelos a disminuir su nivel de salinidad, mejoras en el drenaje, ampliación de las hectáreas para producción.

De todas maneras, es importante destacar que la obra que se ejecute es solo un aporte a la solución del objetivo principal, ya que, para obtener resultados satisfactorios, es necesaria la capacitación de los regantes para las tareas de mantenimiento, operación y también en los que respecta a mejoras en los métodos de riego aplicados.

Esto se menciona ya que, a lo largo de la traza en la actualidad, los perfiles se encuentran muy descuidados, con abundante vegetación (ver registro fotográfico en anexo), lo cual, si no se interviene en el corto plazo, se verá afectada aún más la eficiencia de conducción del canal en su extensión.



13 Bibliografía

- Manual de construcción de estructuras hidráulicas, bureau of reclamation.
- Desarrollo de Sistemas de Riego en el Secano Interior y Costero, Componente Nacional: Capacitación y Difusión de Tecnologías de Riego. Ing. Ramírez Jorge Jara
- Evaluación del desempeño en riego por superficie. Ing Morábito José, Ing Schlaridi Carlos.
- Introducción y diseño del riego por superficie. Ing Morábito José.



14 Anexo

14.1 Datos auxiliares para el cálculo del requerimiento de agua del cultivo

País: Argentina Estación: Gaiman
 Altitud: 19 m. Latitud: 43.31 °S Longitud: 65.58 °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m ² /día	ET _o mm/día
Enero	12.0	29.8	51	240	10.3	25.7	6.35
Febrero	11.4	28.8	58	201	10.0	23.0	5.25
Marzo	8.8	26.0	62	183	8.2	17.0	3.77
Abril	5.8	21.6	67	166	8.1	12.8	2.36
Mayo	2.0	17.0	71	133	5.3	7.3	1.24
Junio	-0.9	13.1	72	156	5.0	5.9	0.90
Julio	-1.4	13.1	71	150	5.3	6.6	0.91
Agosto	1.0	16.2	63	229	6.0	9.5	1.91
Septiembre	2.1	18.7	61	235	6.4	13.5	2.74
Octubre	5.3	22.3	57	236	8.1	19.2	3.98
Noviembre	8.6	26.0	52	270	9.8	24.3	5.58
Diciembre	10.7	28.4	51	267	9.8	25.5	6.27
Promedio	5.5	21.8	61	206	7.7	15.8	3.44

Tabla 11. Valores de clima considerados.

Estación: Gaiman

Método Prec. Ef: USDA Servicio de Conservacion de Suelo:

$$P_{ef} = P_{mes} * (125 - 0.2 * P_{mes}) / 125 \quad \text{para } P_{mes} \leq 250 \text{ mm}$$

$$P_{ef} = 125 + 0.1 * P_{mes} \quad \text{para } P_{mes} > 250 \text{ mm}$$

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	5.6	5.5
Febrero	18.2	17.7
Marzo	13.9	13.6
Abril	23.1	22.2
Mayo	10.0	9.8
Junio	25.4	24.4
Julio	11.1	10.9
Agosto	11.7	11.5
Septiembre	9.4	9.3
Octubre	13.0	12.7
Noviembre	10.7	10.5
Diciembre	9.1	9.0
Total	161.2	157.1

Tabla 12. Valores de precipitación considerados.

Cultivo

Cultivo	$K_{c\text{ini}}^1$	$K_{c\text{med}}$	$K_{c\text{fin}}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)	
j. Forrajes					
Alfalfa (heno) – efecto promedio de los cortes	0,40	0,95 ¹³	0,90	0,7	
	– períodos individuales de corte	0,40 ¹⁴	1,20 ¹⁴	1,15 ¹⁴	0,7
	– para semilla	0,40	0,50	0,50	0,7
Bermuda (heno) – efecto promedio de los cortes	0,55	1,00 ¹³	0,85	0,35	
	– cultivo para semilla (primavera)	0,35	0,90	0,65	0,4
Trébol heno, Bersím – efecto promedio de los cortes	0,40	0,90 ¹³	0,85	0,6	
	– períodos individuales de corte	0,40 ¹⁴	1,15 ¹⁴	1,10 ¹⁴	0,6
Rye Grass (heno) – efecto promedio de los cortes	0,95	1,05	1,00	0,3	
Pasto del Sudán (anual) – efecto promedio de los cortes	0,50	0,90 ¹⁴	0,85	1,2	
	– período individual de corte	0,50 ¹⁴	1,15 ¹⁴	1,10 ¹⁴	1,2
Pastos de Pastoreo – pastos de rotación	0,40	0,85-1,05	0,85	0,15-0,30	
	– pastoreo extensivo	0,30	0,75	0,75	0,10
Pastos (césped, turfgrass) – época fría ¹⁵	0,90	0,95	0,95	0,10	
	– época caliente ¹⁵	0,80	0,85	0,85	0,10
Nombre del Cult.:	Alfalfa	Siembra: 01/02	Cosecha: 31/01		
Etapa	inicial	desarro	med	fin	total
Longitud (días)	150	30	150	35	365
Kc Valores	0.40	-->	0.95	0.90	
Prof. radicular (m)	0.30	-->	1.30	1.30	
Agotam.critico	0.50	-->	0.50	0.50	
F. respuesta rend.	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Altura de cult. (m)			0.70		
Nombre del Cult.:	Pastura comunero	Siembra: 01/02	Cosecha: 31/01		
Etapa	inicial	desarro	med	fin	total
Longitud (días)	140	60	120	45	365
Kc Valores	0.40	-->	1.05	0.85	
Prof. radicular (m)	0.30	-->	0.80	0.80	
Agotam.critico	0.50	-->	0.50	0.50	
F. respuesta rend.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Altura de cult. (m)			0.30		

Tabla 13. Especificaciones para el cultivo analizado.

Suelo

Nombre del suelo: Franco Arcilloso

Datos generales de suelo:

Humedad de suelo disponible total (CC-PM)	200.0	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precip	40	mm/día
Profundidad radicular máxima	200	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (co	10	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	180.0	mm/metro

Tabla 14. Especificaciones para el tipo de suelo considerado.

14.2 Ficha técnica hidrómetro utilizado en el aforo.

- Medidor electromagnético de velocidad MGG/KLDCB.
- Accesorios: barra de vadeo de 2m en 4 partes, cuerda de suspensión de 3m y cable de 5m.
- Rango de velocidad 0,005 m/s a 10 m/s (resolución de 5mm/s).
- Precisión: +/- 1% + 0,005 m/s.
- Autonomía de batería: 80 horas.



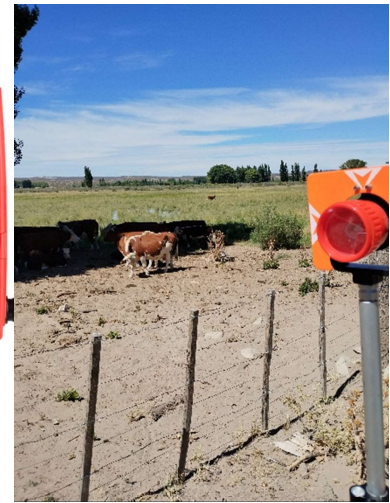
14.3 Fotografías aforo





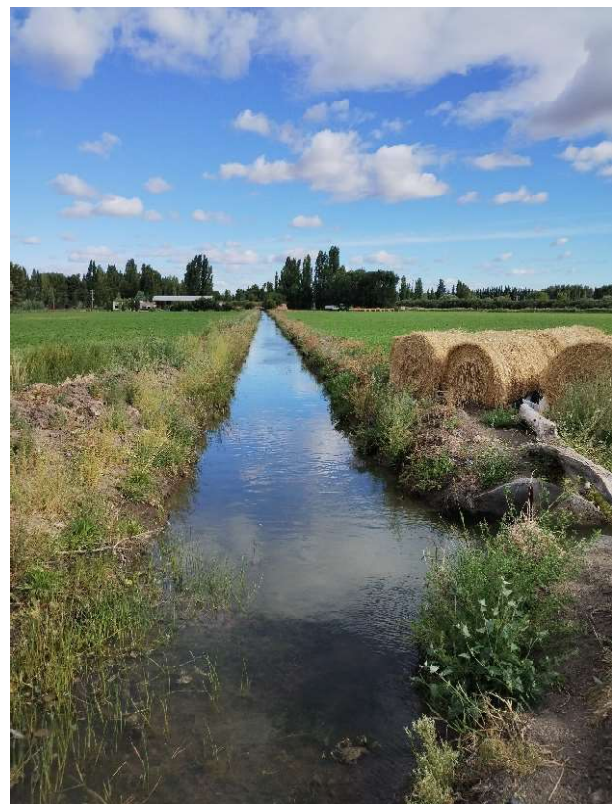
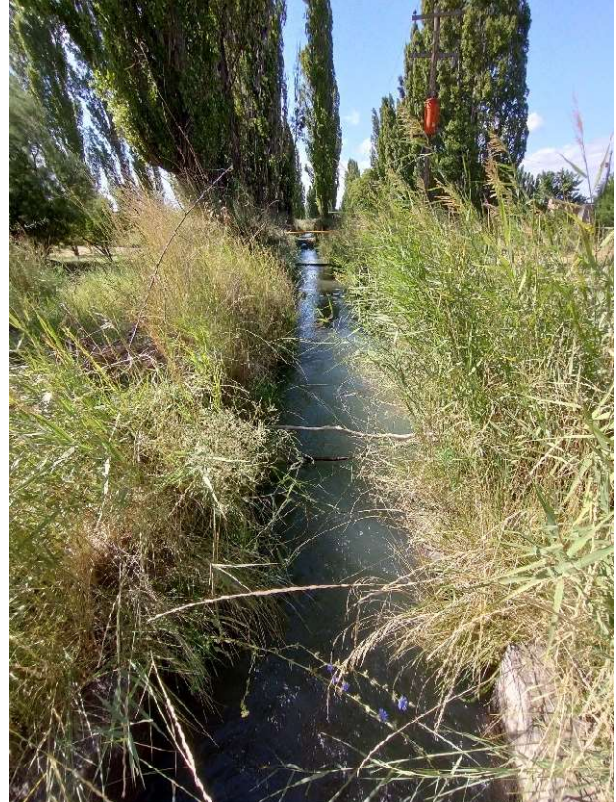
14.4 Ficha técnica estación total:

- Estación total Kolda KTS – 442RC
- Telescopio: Lectura coaxial y medición óptica de distancia.
- Sistema de medición: Codificación absoluta de lecturas angulares H/V.
- Plomada óptica láser estándar.
- Batería recargable, con 8hs de duración aproximada.
- Precisión de medida de ángulo: 2".
- Mini prisma: 800m.
- Precisión con prisma: 2+2ppm.





14.5 Fotografías 1° tramo (Inicio – 1° cruce)





14.6 Fotografías 2° tramos (1° cruce – 2° cruce)





14.7 Fotografías 3° tramo (2° cruce – 3° cruce)





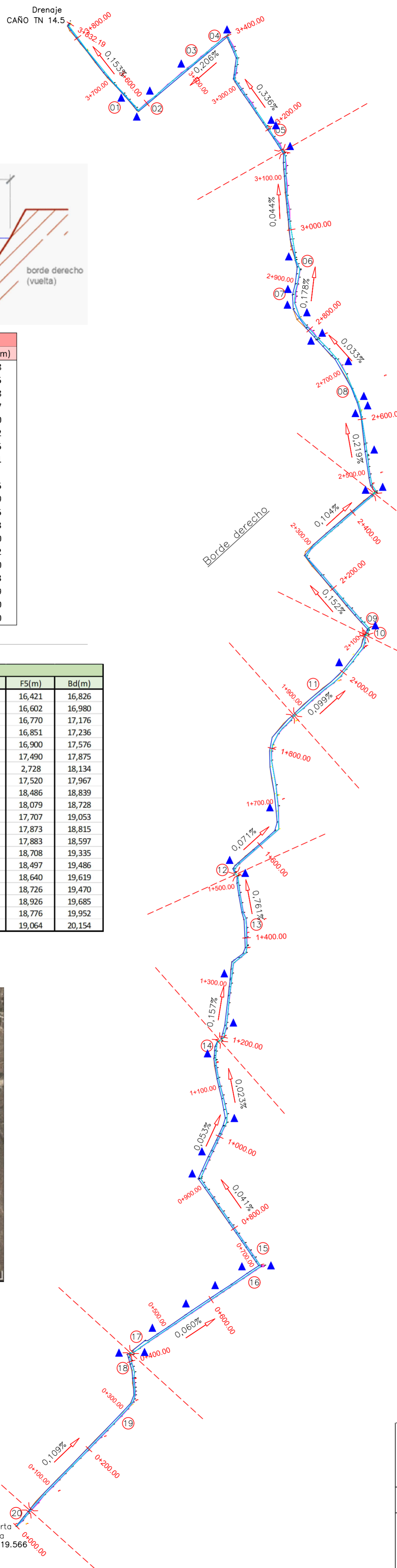
14.8 Fotografías 4° tramo (3° cruce – Drenaje)



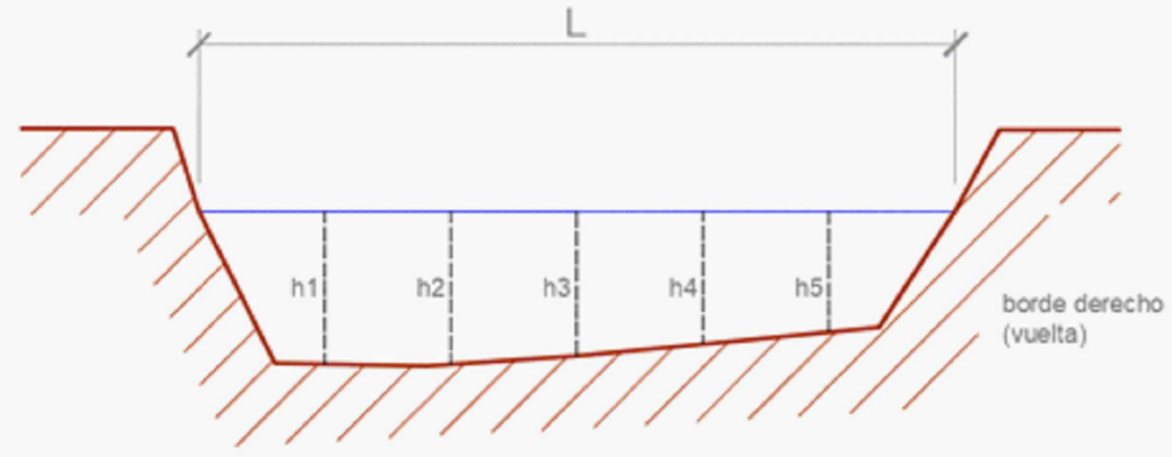








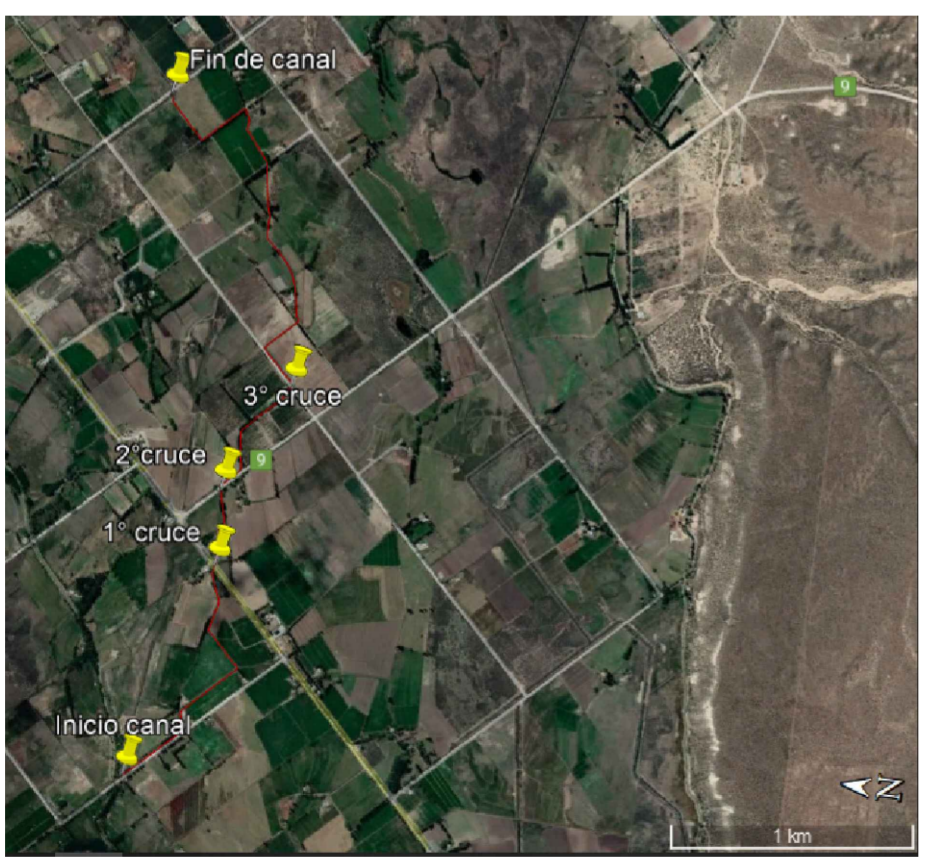
- REFERENCIA
- Cruce de camino vehicular
 - Número de sección
 - Pendiente
 - Compuerta



Secciones registradas						
Número	L(cm)	h1(cm)	h2(cm)	h3(cm)	h4(cm)	h5(cm)
1	142	19	21	25	20	18
2	165	15	20	18	20	15
3	170	20	25	23	18	18
4	200	21	30	30	25	17
5	190	22	30	35	32	20
6	220	15	21	28	25	12
7	180	10	12	15	15	15
8	220	11	10	12	11	11
9	210	7	9	10	9	8
10	120	15	15	15	15	15
11	260	50	60	60	52	49
12	160	40	50	51	51	45
13	240	40	58	58	55	43
14	260	30	33	40	35	30
15	240	40	45	52	45	42
16	265	25	35	40	36	30
17	260	30	40	45	40	33
18	200	20	22	25	21	19
19	250	30	40	40	40	30
20	200	40	45	50	45	40

Cotas de secciones registradas a la vuelta del drenaje								
Número	L(m)	B(m)	F1(m)	F2(m)	F3(m)	F4(m)	F5(m)	Bd(m)
1	1,42	16,739	16,411	16,391	16,351	16,401	16,421	16,826
2	1,65	16,980	16,602	16,552	16,572	16,552	16,602	16,980
3	1,70	17,176	16,750	16,700	16,720	16,770	16,770	17,176
4	2,00	17,236	16,811	16,721	16,721	16,771	16,851	17,236
5	1,90	17,572	16,880	16,800	16,750	16,780	16,900	17,576
6	2,20	17,895	17,460	17,400	17,330	17,360	17,490	17,875
7	1,80	18,134	7,728	5,728	2,728	2,728	2,728	18,134
8	2,20	17,967	17,520	17,530	17,510	17,520	17,520	17,967
9	2,10	18,649	18,496	18,476	18,466	18,476	18,486	18,839
10	1,20	18,728	18,079	18,079	18,079	18,079	18,079	18,728
11	2,60	19,053	17,697	17,597	17,597	17,677	17,707	19,053
12	1,60	19,502	17,923	17,823	17,813	17,813	17,873	18,815
13	2,40	19,282	17,913	17,733	17,733	17,763	17,883	18,597
14	2,60	19,317	18,708	18,678	18,608	18,658	18,708	19,335
15	2,40	19,576	18,517	18,467	18,397	18,467	18,497	19,486
16	2,65	19,609	18,690	18,590	18,540	18,580	18,640	19,619
17	2,60	19,828	18,756	18,656	18,606	18,656	18,726	19,470
18	2,00	19,586	18,916	18,896	18,866	18,906	18,926	19,685
19	2,50	19,953	18,776	18,676	18,676	18,676	18,776	19,952
20	2,00	20,479	19,064	19,014	18,964	19,014	19,064	20,154

Pendientes tramos rectos					
Identificación	Cota inicio (m)	Cota fin (m)	Long (m)	i	i(%)
1 tramo	19,566	19,115	414,7456	0,00109	0,109
2 tramo	19,164	18,988	291,18	0,0006	0,060
3 tramo	19,007	18,925	198,9	0,00041	0,041
4 tramo	19,002	18,946	105,23	0,00053	0,053
5 tramo	18,918	18,902	70,55	0,00023	0,023
6 tramo	18,747	18,581	106,02	0,00157	0,157
7 tramo	18,599	18,572	13,23	0,00204	0,204
8 tramo	18,618	18,349	35,34	0,00761	0,761
9 tramo	18,278	18,1	104,03	0,00171	0,171
10 tramo	18,282	18,135	148,35	0,00099	0,099
11 tramo	18,531	18,258	179,54	0,00152	0,152
12 tramo	18,296	18,139	150,34	0,00104	0,104
13 tramo	17,947	17,638	141,12	0,00219	0,219
14 tramo	17,604	17,569	106,53	0,00033	0,033
15 tramo	17,681	17,491	106,71	0,00178	0,178
16 tramo	17,336	17,261	169,73	0,00044	0,044
17 tramo	17,246	17,084	48,2	0,00336	0,336
18 tramo	17,084	16,63	220,14	0,00206	0,206
19 tramo	16,557	16,252	199,9	0,00153	0,153
Valor promedio				0,001633	0,163316



	Puntos	
	x	y
Cabecera	3536627,580	5202317,033
	latitud (S)	longitud (W)
Drenaje	3536729,513	5205158,152
	latitud (S)	longitud (W)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

Práctica Profesional Supervisada

Relevamiento topográfico canal comunero

Año: 2023

PLANO: Planimetría General	PLANO Nro: 01	Alumno: Huriñanco Fecha: 20/03/2023 Escala Vertical: 1:5000 Escala Horizontal: 1:5000
--------------------------------------	---	--