

N 96
II

35402



PROVINCIA DE RIO NEGRO
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

CALCULO DE REQUERIMIENTOS Y COSTOS
ENERGETICOS PARA LA INCORPORACION DE
AREAS BAJO RIEGO POR BOMBEO.
(EVALUACION PREELIMINAR)

Autor : Ing. Nora M. Antunez

Relevamiento expeditivo de areas
con posibilidades de riego en la
margen derecha del Rio Limay
Informe Complementario

Secretario General del Consejo Federal de Inversiones
Ing. Juan José Ciáccera

Dirección de Cooperación Técnica
Ing. Susana B. de Blundi

Area de Infraestructura Hidrica
Ing. Oscar F. L. González Arzac

-Buenos Aires, Noviembre de 1990-



El presente informe surge como consecuencia de los resultados obtenidos en el estudio "Relevamiento Expeditivo de Areas con Posibilidades de Riego en la Margen Derecha del Río Limay," en el cual se privilegia la alternativa de dominio por bombeo desde los distintos embalses actuales y futuros.

Es así que la Provincia de Río Negro decidió solicitar al C.F.I., un informe adicional con la evaluación preliminar de los requerimientos energéticos necesarios para efectuar la captación por bombeo.

Conjuntamente con funcionarios del Departamento Provincial de Aguas, se decidió realizar la evaluación antes citada en las Areas dominables por bombeo que posean suelos calificados como "recomendables" para futuros estudios.

En el capítulo "métodos" del estudio realizado en la Margen Derecha se explicita el grado creciente de limitaciones para la puesta bajo riego de las Areas con suelos calificados como "poco recomendables" y "muy poco recomendables" para futuros estudios.

A la evaluación de la energía que aquí se realiza se la define como preliminar porque no existen proyectos y por lo tanto fue necesario realizar supuestos acerca de la instalación y funcionamiento de las estaciones de bombeo.

La planilla N°1 sintetiza los principales valores que intervienen en el cálculo del requerimiento de energía eléctrica.



En la columna (1) se indican las áreas y superficies con suelos recomendables para futuros estudios con dominio por bombeo (ver pag.7 del Estudio R.P. en Margen Derecha)

En la columna (2) figuran las fuentes de agua desde donde se realizaría el bombeo y el desnivel topográfico (H).

Las áreas ubicadas aguas abajo de la presa Arroyito fueron agrupadas de manera que puedan dominarse con cinco estaciones de bombeo y el desnivel topográfico se estimó en $H = 20m$.

En la columna (3) puede observarse la superficie bruta dominable por cada estación

Las tres columnas citadas contienen los datos extraídos del informe de Margen Derecha, a continuación se detalla la metodología empleada o el criterio utilizado para el cálculo de los valores del resto de las columnas.

METODOLOGIA

El valor de la energía anual requerida es el producto de la potencia necesaria para el funcionamiento de los equipos de bombeo y el tiempo anual de operación en horas.

$$(1) \quad E \text{ (Kw/H)} = \left[\frac{V \text{ (m}^3/\text{ha} \cdot \text{año)} * S_m \text{ (ha.)}}{Q \text{ (m}^3/\text{h)}} \right] * N \text{ (Kw)}$$

La razón encerrada entre corchetes en la fórmula (1) da el número de horas de bombeo en un año, y sus términos son:



V: Volumen anual estimado con destino al riego.

Este valor fue extraído del cuadro N°60 del estudio "Anteproyecto Preliminar del Area Ubicada Abajo de la Futura Presa de Michihuao en la Provincia del Neuquén", Oppezo C.F.I. 1987.

$V = 11.800 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{año}$, valor correspondiente a toma desde el futuro embalse de Michihuao para la Alternativa N°2 (canales sin revestir), se adjunta una copia del cuadro N°60.

S_N : Superficie neta regable.

Se consideró la superficie neta igual al 80% de la superficie bruta regable.

$S_N = 0.8 \cdot S_B$ siendo S_B la superficie bruta regable en ha.

Q: Caudal máximo de bombeo:

Se supuso que los equipos elevarán siempre el caudal máximo y que variará mensualmente el tiempo de funcionamiento de acuerdo a la dotación del mes.

La dotación en la cabecera del sistema para el mes de máxima demanda es $d = 1,2 \text{ l/seg} \cdot \text{ha}$, tomada del estudio antes citado para la alternativa N°2 (canales sin revestir), se adjunta copia del anexo N°1 "Estimación de los Requerimientos, Eficiencias y Dotaciones de Riego"

$$Q \text{ (l/seg)} = d \text{ (l/seg} \cdot \text{ha)} \cdot 0,8 \cdot S_B \text{ (ha)}$$

N: Potencia total absorbida por las bombas.

$$(2) \quad N_{ab} = \frac{\tau \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \mu_b}$$



donde

N_{ab} = potencia absorbida por las bombas, en HP

τ = 1000Kg/m³, peso específico del agua.

Q = caudal máximo de bombeo, en m³/seg.

μ_b = 0,60; rendimiento de la bomba

H_m = altura manométrica, en metros.

Calculo de la altura manométrica

Para determinar la altura manométrica se realizaron los siguientes supuestos acerca de la tubería de impulsión

- Cantidad de tuberías : 1 por estación
- Material : Hormigón Armado, con excepción de la tubería ubicada en la Fresa Fichi Picú Leufú donde por el elevado caudal, el material sería Acero.
- Diámetro Φ (m): Para el cálculo de los diámetros se adoptó una velocidad del agua en la tubería de $V = 2$ m/seg.
- Longitud: Fue estimada sobre la cartografía del I.G.M. a escala 1:100.000, incluye el desnivel topográfico.

Con los datos anteriores se calcularon las pérdidas de carga, las que se sumaron al desnivel topográfico.

$$H_m = H + J$$

Potencia total en Kw

Para los motores eléctricos se adoptó un rendimiento $\mu = 0,90$ y para transformar de HP a Kw se multiplicó la fórmula (2) por $0,736$ (Kw/HP).

$$N \text{ (Kw)} = 1,1 * 0,736 \text{ (Kw/HP)} * N_b \text{ (HP)}$$

Costo anual de la energía

Finalmente, para calcular el costo anual de la energía se multiplica el número de Kw * h requeridos en un año (columna 11) por el costo unitario del mismo en australes por año.

$$CE \text{ (A/año)} = E \text{ (Kw*h)} * C_u \text{ (A/Kw*h)}$$

De acuerdo a lo informado por el Departamento Provincial de Aguas, $C_u = 79,88$ (A/Kw*h) cifra al 19-11-90

En la columna (12) se indica para las 10 (diez) estaciones de bombeo consideradas el costo anual de la energía

CALCULO DE REQUERIMIENTOS Y COSTOS ENERGETICOS PARA LA INCORPORACION DE AREAS BAJO RIEGO POR BOMBEO

PLANILLA Nº1

SECTOR O AREA INVOLUCRADA Y SUPERFICIE	BOMBEO DESDE:	SUP. BRUTA REGABLE (ha)	CAUDAL DE BOMBEO Q (m ³ /seg)	CAUDAL DE BOMBEO Q (m ³ /h)	DIAMETRO ϕ (m)	LONG. TUB. IMPULSION L (m)	ALTURA MANOMETRICA Hm (m)	POTENCIA N (HP)	POTENCIA N (Kw)	ENERGIA E (kw-h)	COSTO DE LA ENERGIA CE (A/año)
Arroyo Conallo (320 ha)	Embalse Piedra del Aguila H= 50 m.	320	0.307	1105	0.5	100	51.5	351	284.45	777613	62115694
Pampa de Michihuao (5200 ha)	Presa Pichi Picún Leufú h=50 m.	5350	5.136	18490	1.9	200	50.3	5741	4647.84	12695209	1014093286
Cañadón Trapalco (150 ha.)											
Arroyo Michihuao (370 ha.)	Embalse Michihuao H= 50 m.	370	0.355	1278	0.5	100	51.5	406	328.92	898952	71808274
Cañadón Lonco Vaca (520 ha.)	Canal presa Michihuao H= 50 m.	520	0.499	1796	0.6	100	51.2	568	459.65	1256312	100354200
Pampa del Chocón (2000 ha.)											
Pampa de Los Loros (320 ha.)	Lago Ezequiel Ramos Mexía H= 50 m.	2320	2.227	8017	1.2	100	50.5	2499	2023.34	5527359	441525441
de las terrazas bajas (aguas abajo de Arroyito 2200 ha.)	Río Limay (se consideran cinco estaciones a lo largo del tramo Arroyito - Confluencia H= 20 m.	970	0.931	3352	0.8		20.6	426	345.04	942572	75292664
		410	0.394	1418	0.5		21.1	185	149.57	408241	32610266
		230	0.221	796	0.4	70	21.4	105	85.09	232087	18539109
		350	0.336	1210	0.5		21.1	158	127.55	348285	27820981
		240	0.23	828	0.4		21.4	109	88.55	242299	19354883
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

CUADRO N°60

ESTIMACION DE VOLUMENES ANUALES CON DESTINO AL RIEGO GRAVITACIONAL A DERIVAR DEL FUTURO EMBALSE DEL MICHIHUAO (VM) Y DE LOS VOLUMENES QUE SE RESTAN DEL EMBALSE E. RAMOS MEXIA (VO)
SEGUN PLAN DE HABILITACION DE TIERRAS BAJO RIEGO PROPUESTO.

AÑO (*1)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	24	26	27	29	
TIERRAS A HABILITAR	FRACCION N°	2	1	4	5	6	7	3	8	9 y 10	11 y 12	13	14	15	16	17, 18 y P.Leufú	19	20	21 y 22	23	24	25, 26 y 27	28	29, 30 y 31	32 y 33	
	SUPERFICIE BRUTA (Ha)	PARCIAL	1540	1540	1220	1170	1240	1140	1060	1220	2230	3230	1250	1430	1190	1480	8350	950	890	2080	1540	1090	3860	1130	4760	1410
		ACUMULADA	1540	3080	4300	5470	6710	7850	8910	10130	12360	15590	16840	18270	19460	20940	29290	30240	31130	33210	34750	35840	39700	40830	45590	47000
VOLUMENES VM (*2) Hm3	ALTERNATIVA 1	15.87	31.74	44.32	56.37	69.15	80.90	91.83	104.40	127.38	160.67	173.55	188.29	200.55	215.81	297.11	306.90	316.07	337.51	353.38	364.61	404.40	416.04	465.10	479.63	
	ALTERNATIVA 2	18.08	36.17	50.50	64.24	78.80	92.19	104.64	118.97	145.15	183.29	197.77	214.56	228.53	245.92	338.57	349.72	360.17	384.60	402.69	451.49	460.83	474.09	530.03	546.56	
	ALTERNATIVA 3	16.98	33.95	47.41	60.30	73.97	86.54	93.24	111.68	136.27	171.88	185.66	201.43	214.54	230.87	317.84	328.31	338.12	361.06	378.03	390.05	432.61	445.07	497.55	513.09	
VOLUMENES VO Hm3	ALTERNATIVA 1	11.90	23.81	33.24	42.28	51.86	60.68	68.87	78.30	95.54	120.50	130.16	141.22	150.42	161.86	222.83	230.18	237.06	253.13	265.04	273.46	303.30	312.03	348.82	359.72	
	ALTERNATIVA 2	13.56	27.13	37.88	48.18	59.10	69.14	78.48	89.23	108.86	137.32	148.33	160.92	171.40	184.44	253.93	262.29	270.13	288.95	302.02	311.62	345.62	355.07	397.50	409.92	
	ALTERNATIVA 3	12.74	25.46	35.56	45.23	55.48	64.91	73.68	83.76	102.20	128.91	139.25	151.07	160.91	173.15	238.38	246.23	253.59	270.80	283.52	292.54	324.46	333.80	373.16	384.82	

(*1) El año 0 (cero) corresponde a la iniciación de la puesta bajo riego de las tierras. Luego del año 29 se podrían incorporar las 14580* de tierra que se han previsto abastecer por bombeo.

(*2) Calculados con las dotaciones medias anuales, según cuadro N°11-1, de 0.43, 0.49, y 0.46 l/seg Ha para las alternativas 1, 2 y 3 respectivamente.

* Ha



ANEXO 1

ANTEPROYECTO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE RIEGO DEL AREA
UBICADA ABAJO DE LA PRESA DE MICHIHUAO EN LA PROVINCIA DEL NEUQUEN

ANEXO 1

ESTIMACION DE LOS REQUERIMIENTOS, EFICIENCIAS Y DOTACIONES DE RIEGO

INDICE

APARTADO	DESCRIPCION	PAGINA
1	INTRODUCCION	1-I
2	DATOS BASICOS	1-I
	2-1 Datos Climáticos	2-I
	2-2 Cultivos	7-I
3	USO CONSUNTIVO	7- I
4	EFICIENCIA DE RIEGO	8-I
	4-1 Eficiencia de riego en chacra	10-I
	4-2 Eficiencia de conducción en la red pública de riego	15-I
5	DOTACIONES DE RIEGO	21-I
	5-1 Dotaciones medias ponderadas a nivel de cabecera de chacra	21-I
	5-2 Dotaciones de riego de diseño a nivel de cabecera de canales	22-I
	5-3 Dotaciones de consumo	25-I
6	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	26-I

ANTEPROYECTO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE RIEGO DEL AREA
UBICADA ABAJO DE LA PRESA DE MICHIHUAO EN LA PROVINCIA DEL NEUQUEN

ANEXO 1

ESTIMACION DE LOS REQUERIMIENTOS, EFICIENCIAS Y DOTACIONES DE RIEGO

1.- INTRODUCCION

Este informe tiene por objeto estimar las dotaciones de riego que se utilizarán para el diseño de la red de canales terciarios, secundarios y de las distintas secciones del canal principal. En consecuencia, tanto la estructura de los cultivos, como la valoración de los usos consuntivos y de las técnicas y eficiencias de riego que se proponen, solo tienen por finalidad estimar las dotaciones de diseños.

Asimismo, este informe tiene el propósito de presentar la información y los métodos de evaluación utilizados para el cálculo de los requerimientos de riego, de modo de facilitar, en una etapa más avanzada del estudio, los ajustes y modificaciones necesarios para alcanzar una mayor precisión en los resultados.

La estructura de los cultivos estará integrada básicamente por cereales, oleaginosas y forrajeras, conforme a la finalidad del estudio. En cuanto a su participación se ha adaptado una posible distribución.

Se ha utilizado el método de Blaney y Criddle para estimar el uso consuntivo total del ciclo vegetativo de cada uno de los cultivos representativos de la estructura agrícola, mientras que para estimar los valores mensuales se ha empleado el mismo método pero modificado en cuanto al efecto de la temperatura y a los coeficientes de desarrollo de los cultivos, según la corrección propuesta por J.T. Phelan y los experimentos realizados por el Departamento de Conservación de Suelos de los EE.UU en el Centro de California.

Para estimar las dotaciones medias ponderadas de riego se ha supuesto que un tercio del área se regará por aspersión y los dos tercios restantes por gravitación.

A su vez para evaluar las eficiencias en la conducción interna de las explotaciones y en la conducción de los canales de riego, se han formulado modelos teóricos de la distribución del agua, para la condición de máxima demanda.

Finalmente, para determinar las dotaciones de diseño, se adoptaron distintos coeficientes de mayoración, para tener en cuenta condiciones de concentración de cultivos de mayor demanda de riego que la media ponderada, y la seguridad en el suministro de agua de riego frente a los cortes originados por razones de emergencia.

2.- DATOS BASICOS

2-1 Datos Climáticos

Los datos climáticos utilizados para la estimación de los usos consuntivos de los cultivos corresponden a la estación de Picún Leufú.

a.- Precipitaciones

La información pluviométrica utilizada es la siguiente:

Series 1928-1934 y 1942-1949, con interrupciones, registradas por el Servicio Meteorológico Nacional.

Serie 1977 a Marzo 1986, con interrupciones, registrada por la Administración Provincial del Agua de Neuquén.

En el cuadro 1-1 se indican los registros precedentes.

Si bien el record disponible es muy reducido para estimar con una adecuada probabilidad las precipitaciones mensuales que como mínimo tendrán un cierto porcentaje de ocurrencia, para los propósitos de este estudio, se han asumido los valores de las precipitaciones que tendrán una probabilidad de ocurrencia del 80% (P80%) por el siguiente procedimiento simplificado:

En el cuadro 2-1 se ordenaron de mayor a menor las precipitaciones de cada mes, determinándose la P 80% de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Nº de orden de P 80\% del mes } i}{\text{Nº de observaciones del mes } i} = 0,80$$

Para estimar las precipitaciones efectivas (Pef) a computar en el cálculo de los requerimientos de riego se adoptó el 80% de P80%, para los valores de esta última superiores a 1 mm.

En el cuadro Nº 2-1 se indican los valores de las precipitaciones medias de cada mes y de las precipitaciones efectivas.

b.- Temperaturas:

En el cuadro Nº 3-1 se indican las temperaturas medias mensuales en grados centígrados.

Los valores corresponden al promedio de la serie estadística 1928-1937 (10 años) del Servicio de Meteorológico Nacional y de la serie 1977-1986 (10 años) con interrupciones, relevada por la Administración Provincial del Agua de Neuquén.

CUADRO Nº 2-1
PRECIPITACIONES ORDENADAS REGISTRADAS EN LA ESTACION DE PICUN LEUFU
Y PRECIPITACIONES EFECTIVAS COMPUTABLES
 (mm)

Nº Orden	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	109,0	28,5	46,0	53,7	39,0	49,3	58,0	56,0	79,5	52,7	29,9	28,1	249,3
2	83,0	21,8	42,0	46,5	32,7	40,0	46,9	43,0	52,0	41,8	31,0	26,0	206,6
3	54,0	21,5	28,0	33,0	32,0	35,0	25,8	28,0	20,6	37,1	28,4	21,3	194,1
4	40,0	20,9	25,5	26,4	31,5	33,2	21,3	24,0	15,5	34,5	24,5	9,1	175,7
5	35,9	20,0	25,0	18,5	27,0	32,5	20,0	22,5	13,5	31,5	21,0	8,3	170,5
6	25,8	16,0	22,0	16,9	25,7	31,3	17,8	11,5	13,2	18,0	15,5	6,5	170,3
7	21,1	15,0	18,0	12,5	25,5	27,0	16,5	11,0	11,0	16,0	8,5	4,5	165,0
8	18,0	8,5	17,0	11,0	23,5	20,9	16,0	10,5	10,0	13,0	7,0	4,0	159,5
9	17,9	8,3	15,5	10,5	20,0	15,8	15,2	6,0	9,0	9,0	7,0	3,4	153,5
10	16,0	7,5	12,0	8,0	19,5	15,0	14,0	5,0	8,9	8,0	5,5	1,5	138,6
11	15,0	1,5	9,0	4,0	17,0	13,1	7,5	4,5	6,5	8,0	4,1	0,2	134,5
12	15,0	1,4	4,5	3,5	15,5	13,0	7,2	4,0	5,5	7,0	4,0	0,0	127,0
13	10,0	1,0	4,3	3,5	12,5	12,5	6,6	3,5	5,0	6,9	4,0	0,0	116,4
14	7,5	0,0	3,5	2,9	11,0	10,0	5,5	3,0	4,0	6,8	3,5	0,0	108,3
15	3,9	0,0	2,0	2,3	11,0	10,0	5,0	2,7	4,0	6,0	0,0	0,0	80,0
16	2,0	0,0	1,5	2,0	8,5	9,0	4,0	2,0	4,0	4,0	0,0	0,0	75,7
17	0,5	0,0	0,0	1,7	7,0	5,4	4,0	2,0	3,5	2,8	0,0	0,0	69,7
18	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	5,0	3,0	1,5	3,1	2,5	0,0	0,0	66,6
19	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0	2,0	0,8	2,5	2,3	0,0	0,0	61,5
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	--
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	--
22	0,0	0,0	0,0	0,0	-	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	--
23	0,0	0,0	0,0	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	--
24	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	--
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--
Media	19,8	7,2	12,0	11,7	17,5	16,9	11,2	10,5	11,8	12,9	8,1	4,7	138,0
Con P 80% (*1)	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	4,0	2,0	0,8	2,5	1,0	0,0	0,0	75,7
Pef	0	0	0	0	6	3	2	0	2	0	0	0	--

Ver Notas del Cuadro Nº 2-1 en página siguiente.

(*1) P80%: precipitación correspondiente al nº de orden determinado por la siguiente expresión:

Nº de orden = $0,80 \times \text{Nº de observaciones}$; a los fines prácticos se asume que en ocho de cada 10 años se producirá una precipitación igual o superior al valor P80%.

Pef: precipitación efectiva, a computar en el cálculo de los requerimientos de riego = $0,8 \times P80$; $P80 > 1 \text{ mm}$.

(*2) Algunas de las precipitaciones son nivales; la falta de datos no permite cuantificar su cantidad y frecuencia; se podría estimar que, en promedio, no superan los 3 días con precipitación nival por año.

CUADRO Nº 3-1
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES
ESTACION CLIMATOLOGICA DE PICUN LEUFU
 En grados Centígrados (°C)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
t°C	21,2	20,0	16,3	11,7	7,0	4,4	3,9	5,6	9,4	12,7	16,4	19,4	12,3

(*) Corresponde al promedio de la serie estadística del S.M.N del período 1928-37 (10 años) y la serie relevada por la A.P.A. con algunas interrupciones del período 1977-1986 (10 años)

CUADRO Nº 4-1
PROGRAMA TENTATIVO DE CULTIVOS (*)

CULTIVOS	PARTICIPACION % pc	CULTIVO REPRESENTATIVO PARA LA ESTIMACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO	CICLO VEGETATIVO
Cereales de invierno (trigo, centeno, cebada)	25	Trigo	Abril-Diciembre
Cereales de verano (maíz, sorgo, girasol)	20	Maíz	Noviembre-Mayo
Forrajeras (alfalfa, perennes, consociadas de gramíneas y leguminosas)	50	Alfalfa	Setiembre-Abril
Hortícolas invierno-primaverales	2,5	Cebolla	Agosto-Diciembre
primavero-estivales	2,5	Papa	Noviembre-Marzo

(*) Propuesto para estimar las necesidades de riego del área.

2-2 Cultivos

Como ya se dijo, conforme a la finalidad del estudio, la estructura de cultivos está integrada principalmente por cereales, oleaginosas y forrajeras.

Al sólo efecto de estimar las dotaciones de riego, en el cuadro N° 4-1 se indican los cultivos y su participación, así como también el cultivo representativo a través del cual se calcularon los requerimientos de riego.

Asimismo, constan en el cuadro los ciclos vegetativos de los respectivos cultivos representativos.

Tanto la participación de las forrajeras con un 50% así como la adopción de la alfalfa como cultivo representativo, elevan los requerimientos de riego otorgando una adecuada flexibilidad a la capacidad de conducción del sistema de canales de riego. Asimismo la mayor participación de forrajeras como la alfalfa permitirán adecuadas rotaciones con el resto de los cultivos anuales.

3.- USO CONSUNTIVO

Como ya se ha indicado, la evaluación de las necesidades hídricas de los cultivos (uso consuntivo) fué realizada aplicando el método de Blaney y Criddle desarrollado en los EE.UU para condiciones climáticas áridas continentales relativamente similares a la del área en estudio, con los ajustes de Phelan y coeficientes de desarrollo de los cultivos.

Dicho método considera que la cantidad de agua demandada por los cultivos durante su ciclo de crecimiento está estrechamente relacionada con las temperaturas medias mensuales y el porcentaje mensual de las horas anuales de brillo solar, así como también con coeficientes de cultivos que son característicos de cada especie y de la amplitud de sus ciclos, cuyos valores son de carácter experimental.

Las expresiones para el cálculo son las siguientes:

$$U.C. = KF = K \Sigma f$$

$$f = (0,457 t + 8,13) \cdot p$$

donde:

UC: uso consuntivo en el ciclo vegetativo del cultivo, en mm (cantidad de agua utilizada por el cultivo en la transpiración y formación

DE INVERSIONES
Y SERVICIOS
REPRODUCCION EN FOLIOCLONIAS

de los tejidos, más la evaporada desde el suelo subyacente). Los resultados se indican en el cuadro N° 5-1.

K : coeficiente estacional del cultivo. Los valores adoptados para cada cultivo se indican en el cuadro N° 5-1.

f : factor de uso consuntivo, en mm (cuadro N° 5-1).

t : temperatura media mensual, en °c (cuadro n° 2-1).

p : porcentaje mensual de las horas de sol respecto al año. Conforme a la latitud geográfica del área de estudio ($\psi = 39^\circ 32'$) para el hemisferio sur, en el cuadro N° 5-1 se indican los valores.

Para estimar los usos consuntivos mensuales, se utilizaron las siguientes expresiones:

$$UC_i = f_i \cdot K_t \cdot K_c$$

$$UC_{i_a} = \frac{U.C}{\sum UC_i} \cdot UC_i \quad ; \text{ donde}$$

UC_i: uso consuntivo del mes i, en mm.

UC_{i_a}: uso consuntivo ajustado del mes i, en mm.

f_i: factor de uso consuntivo del mes i, en mm = (0,457 t + 8,13) p

K_t: coeficiente térmico de ajuste del mes i de Phelan = 0,0311 t + 0,24.

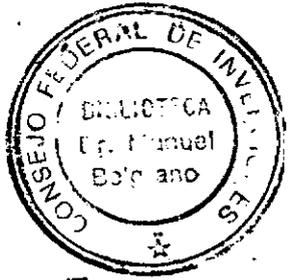
t: temperatura media mensual, en °C.

K_c: coeficiente de desarrollo del cultivo del mes i (obtenidos de las curvas de desarrollo de los cultivos).

En el cuadro N° 5-1 se resumen los datos y el cálculo de los usos consuntivos correspondientes a los cultivos representativos de la estructura productiva.

4.- EFICIENCIA DE RIEGO

A fin de estimar las dotaciones de riego a nivel de cabecera de chacra, de canal terciario, de canal secundario y de canal principal, se formularon hipótesis y modelos de riego simplificados, cuyo desarrollo se realiza a continuación.



ESTIMACION DE LOS USOS CONSUMITIVOS DE LOS CULTIVOS REPRODUCTIVOS DE LA ESTRUCTURA AGRICOLA PRODUCTIVA

(mm)

MES	t	P % 39,132	f	M	K	T=132 K=0,75		Maiz K=0,75		Alfalfa K=0,95		Papa K=0,70		Cebolla K=0,70		
						Kc	Uci	Kc	Uci	Kc	Uci	Kc	Uci	Kc	Uci	
Enero	21,2	10,21	121,9	2,999	127,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Febrero	20,2	8,64	149,2	0,862	128,6	--	--	1,02	171,8	1,02	184,9	0,93	152,2	--	--	
Marzo	15,2	8,76	135,5	0,747	101,2	--	--	1,02	175,0	1,02	212,4	1,06	129,5	--	--	
Abril	11,7	7,55	101,9	0,684	61,5	--	--	0,98	95,1	0,68	89,1	0,85	86,2	--	--	
Mayo	7,0	6,97	79,5	0,452	36,2	0,38	23,4	--	--	--	41,2	--	--	--	--	
Junio	4,4	6,36	64,5	0,337	24,3	0,61	22,1	--	--	--	--	--	--	--	--	
Julio	3,9	7,47	67,1	0,361	24,2	0,92	21,8	--	--	--	--	--	--	0,62	19,9	
Agosto	3,6	6,77	79,9	0,414	32,1	1,02	33,1	--	--	0,65	34,6	--	--	0,90	47,9	
Setiembre	9,4	8,04	59,9	0,532	53,2	1,02	57,1	--	--	0,83	67,7	--	--	1,05	85,7	
Octubre	12,7	9,22	126,5	0,635	81,6	0,92	73,4	0,49	55,5	1,02	115,6	0,60	68,0	1,03	96,2	
Noviembre	10,4	9,67	151,1	0,750	113,3	0,75	85,0	0,72	107,4	1,12	167,0	0,82	122,3	0,85	126,7	
Diciembre	19,4	10,40	176,9	0,843	149,1	0,65	96,9	--	--	--	--	--	--	--	--	
TOTALES	X=21,3	100,00	--	--	--	--	433,4	495,7	564,8	595,9	831,3	955,0	557,1	566,2	396,9	445,3

SOLICITUD DE TRABAJOS DE REPRODUCCION EN FOTOCOPIAS

AREA DE ADMINISTRACION Y SERVICIOS

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

11/11/71

4-1 Eficiencia de riego en chacra

Básicamente la eficiencia de riego en chacra (E_{ch}) puede expresarse con la siguiente relación:

$$E_{ch} = E_A \times E_{ci} \quad ; \text{ donde}$$

E_A : eficiencia de aplicación

E_{ci} : eficiencia de conducción interna

4-1-1 Eficiencia de aplicación

Teniendo en cuenta que la base de la agricultura estará integrada por cultivos intensivos, éstos podrán regarse:

a.- Por melgas

b.- Por aspersión

a.- Considerando las pendientes y el relieve de las tierras regables, en general las melgas serán con pendientes. Suponiendo una adecuada sistematización, para la mayor parte de los suelos del área, se estima que será posible alcanzar una eficiencia de aplicación en melgas del orden del 60%.

b.- En parte de los suelos, ya sea por su textura gruesa como por su relieve y poca profundidad efectiva, será conveniente regar por aspersión. Suponiendo una velocidad media del viento inferior a 16 km/h, láminas de riego del orden de los 60 mm y evapotranspiración máxima de 5 mm/día, la eficiencia de aplicación del riego por aspersión puede estimarse en el 70%.

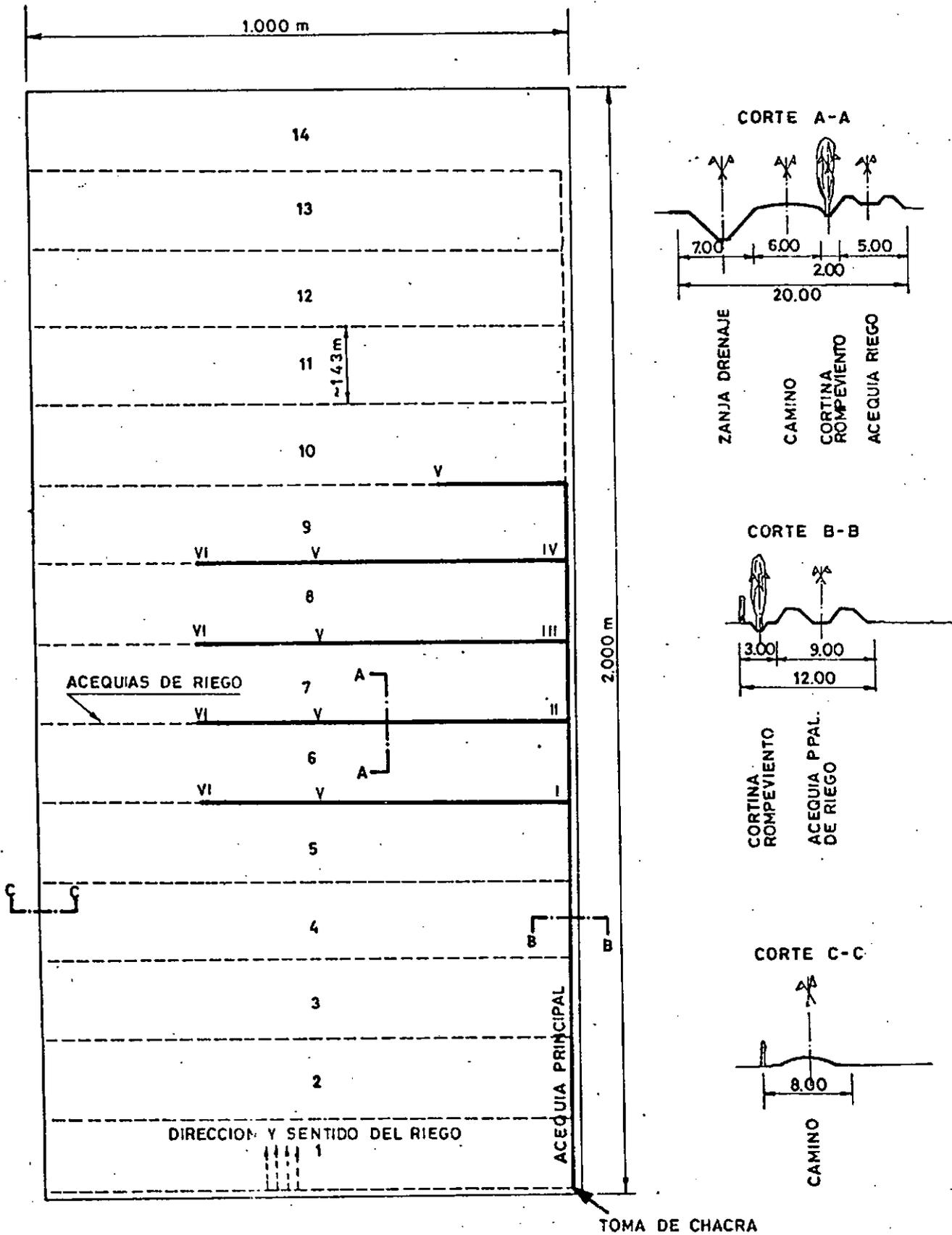
Suponiendo que las dos terceras partes del área se regará por gravedad y una tercera parte por aspersión, la eficiencia media de aplicación será:

$$\frac{2}{3} 60\% + \frac{1}{3} 70\% = 63,3\%$$

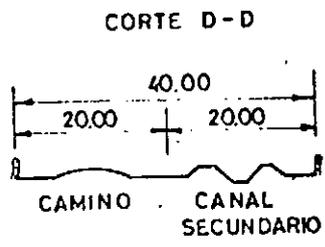
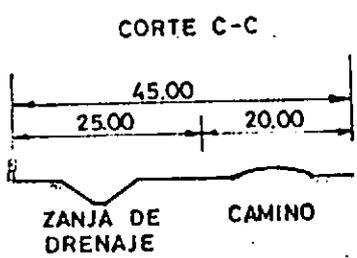
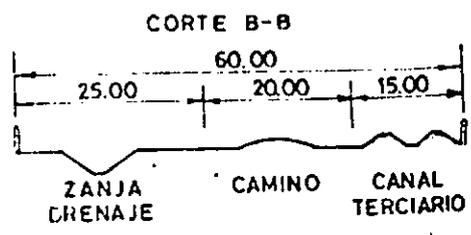
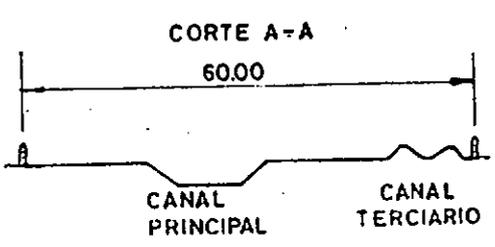
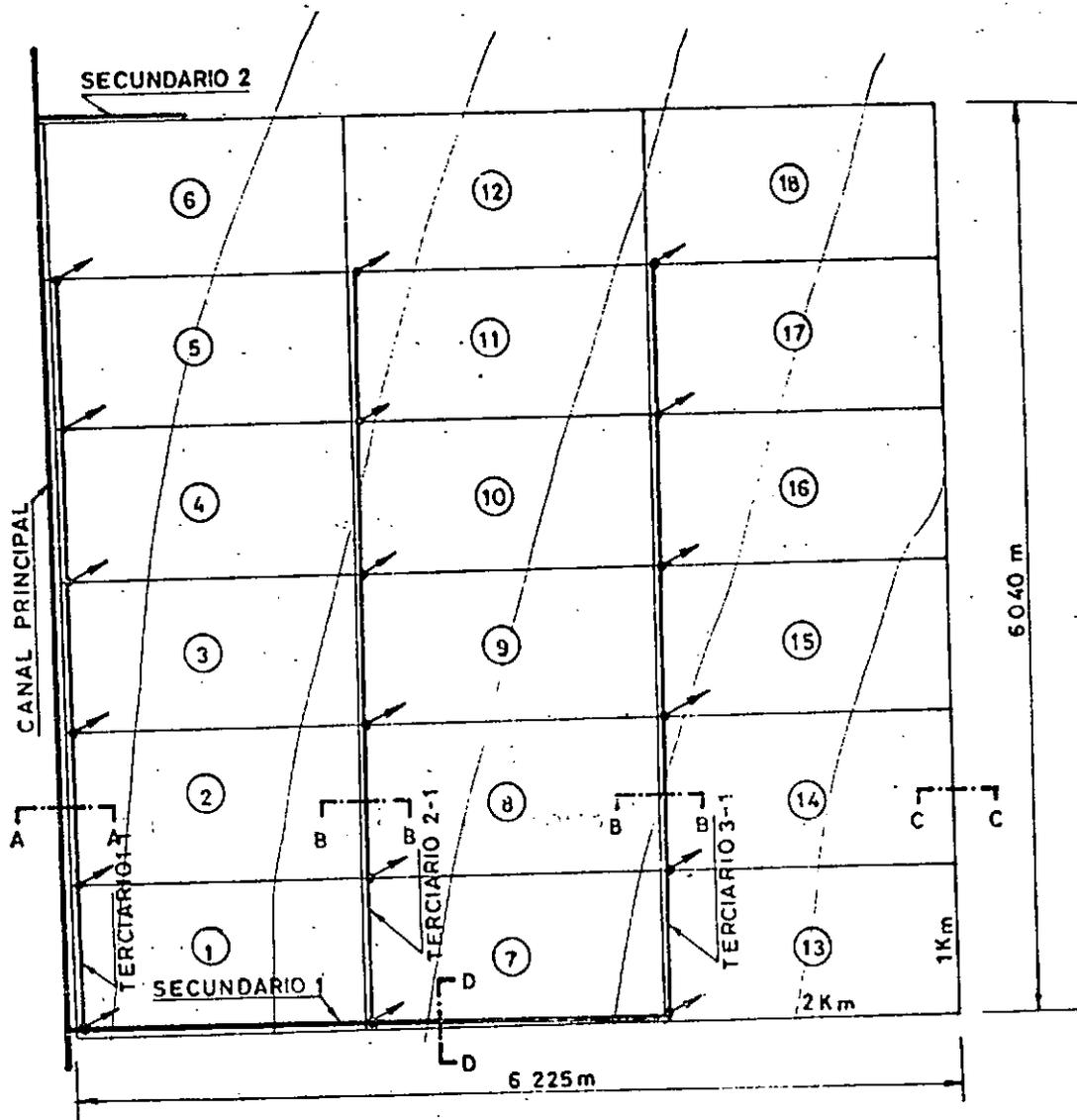
$$E_A = 63,3\%$$

4-1-2 Eficiencia de conducción en chacra

ESQUEMA TEORICO DE DISTRIBUCION DE ACEQUIAS Y CAUDALES PARA EL RIEGO GRAVITACIONAL



MODELO DE FRACCION DE RIEGO



REFERENCIAS

- ⑫ CHACRA
- CURVA DE NIVEL
- TOMA DE CHACRA

Para evaluar la eficiencia en la conducción, se supone que la totalidad de la chacra se riega por gravedad, según el esquema teórico de distribución de acequias y caudales que, para la situación de pico, se muestra en el gráfico N° 1-1. Los caudales surgen de considerar el modelo de fracción de riego que se muestra en el gráfico N° 2-1, donde riegan simultáneamente tres chacras desde cada canal terciario, asumiendo una dotación de pico a nivel de cabecera de chacra de 1,15 l/ha seg y una superficie efectivamente regada equivalente al 80% de la superficie bruta.

Con esta hipótesis, el caudal de pico que ingresa a cada chacra resulta:

$$Q_{ch} = 3 \times 200 \text{ has} \times 0,8 \times 1,15 \text{ l/s ha} = 552 \text{ l/s}$$

En el gráfico 1-1 se indica la situación media supuesta de superficies mojadas de acequias, durante el turno de riego, sobre la que se basa la estimación de las pérdidas en la conducción. Es decir, las líneas continuas de acequias, con las secciones y caudales que seguidamente se indican, representarían la superficie de infiltración que desde el comienzo hasta la finalización del turno de riego se supone constante y a través de la cual se producen las pérdidas en la conducción.

Para la confección del gráfico N° 1-1 se han tenido en cuenta las siguientes relaciones:

- * Cantidad neta de hectáreas a regar en la chacra por turno en el mes de pico:

$$200 \text{ has} \times 0,8 \times \frac{2 \text{ días/turno}}{6 \text{ días/turno}} = 53,3 \text{ has}$$

- * Superficie que riega cada acequia secundaria:

$$120 \text{ m} \times 980 \text{ m} = 117.600 \text{ m}^2 = 11,8 \text{ ha}$$

- * Cantidad de acequias a habilitar por turno:

$$\frac{53,3 \text{ ha}}{11,8 \text{ ha/aceq.}} = 4,5 \text{ acequias secundarias}$$

Del gráfico N° 1-1 surge:

- * Superficie bruta de la chacra:

SOLICITUD DE TRABAJOS DE INGENIERIA

$$1000 \text{ m} \times 2000 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ha}}{10.000 \text{ m}^2} = 200 \text{ ha}$$

* Superficie de ocupación de obras y servicios:

$$14 \times 20\text{m}(1000-20)\text{m} + 2000\text{m} \times 12\text{m} + 2000\text{m} \times 8\text{m} = 314.400 \text{ m}^2 = 31,4 \text{ ha}$$

* Superficie de viviendas, galpones y taras edafológicas:

$$5\% \times 200 \text{ ha} = 10 \text{ ha}$$

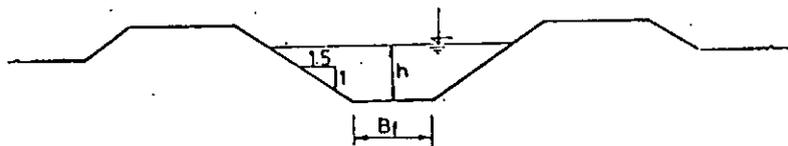
Superficie total neta afectada a la agricultura:

$$200 \text{ ha} - (31,4 + 10) \text{ ha} = 159 \text{ ha}$$

$$\frac{159 \text{ ha}}{200 \text{ ha}} = 0,80 = \underline{80\%}$$

Conforme al gráfico N° 1-1, y en base a los siguientes parámetros y relaciones, se ha preparado el cuadro N° 6-1.

Sección transversal típica de las acequias:



$$i = 0,4\% ; m = 1,5 ; n = 0,028$$

$$\text{perímetro mojado} : P_m = B_f + 3,61 h$$

$$\text{sección mojada} : A_m = h (B_f + 1,5 h)$$

$$\text{longitud mojada} : L_m$$

$$\text{superficie mojada} : S_m = P_m \cdot L_m \text{ (ver cálculo en cuadro N° 6-1)}$$

Asumiendo una pérdida unitaria media por infiltración de $0,30 \text{ m}^3/\text{m}^2$ día, se tiene la siguiente pérdida total de conducción:

$$10.562 \text{ m}^2 \times 0,30 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ día}} = 3168,6 \text{ m}^3/\text{día} = 36,7 \text{ l/s}$$

es decir:

$$\frac{36,7 \text{ l/s}}{552 \text{ l/s}} = 0,0664 = 6,6 \%$$

Suponiendo otras pérdidas por almacenamiento en acequias, escurrimientos superficiales y consumos de cortinas rompevientos, puede asumirse las pérdidas en la conducción en el 10%, con lo cual la eficiencia de conducción interna puede evaluarse en:

$$E_{ci} = 90\%$$

En consecuencia, la eficiencia media de riego en charcra puede estimarse en:

$$E_{ch} = 0,633 \times 0,90 = 0,57 = 57 \%$$

$$E_{ch} = 57\%$$

4-2 Eficiencia de conducción en la red pública de riego:

Para estimar las eficiencias de conducción a distintos niveles, se ha planteado el modelo de fracción de riego, que se indica en el gráfico Nº 2-1, donde se establece el riego simultáneo de tres chacras por cada canal terciario.

En base a dicho modelo se tienen las siguientes relaciones:

- * Superficie bruta de la fracción de riego:

$$S_{BF} = 6,225 \text{ km} \times 6,040 \text{ km} = 37,60 \text{ km}^2 = 3760 \text{ ha}$$

- * Superficie bruta parcelada:

$$S_{BP} = 18 \times 2 \text{ km}^2 = 36 \text{ km}^2 = 3600 \text{ ha}$$

- * Superficie ocupada por las obras públicas (canales, zanjas de drenajes, caminos):

$$S_{op} = (3760 - 3600) \text{ Ha} = 160 \text{ Ha}, \text{ es decir:}$$

$$\frac{160 \text{ ha}}{3760 \text{ ha}} = 4,3\%$$

y aproximadamente: $S_{op} = 5\% S_{BF}$

A fin de estimar las superficies de infiltración de los canales se asumen los siguientes parámetros:

a.- Canales de tierra

$m = 1,5$; $n = 0,028$; pérdida media unitaria por infiltración: $0,30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$.

$i = 0,4\%$ para canales terciarios y secundarios

$i = 0,3\%$ para el canal principal

b.- Canales revestidos con hormigón simple

$m = 1,5$; $n = 0,014$; pérdida media unitaria por infiltración: $0,08 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$.

$i = 0,4\%$ para canales terciarios y secundarios

$i = 0,3\%$ para el canal principal.

Tanto para los canales de tierra como para los revestidos, los caudales se han estimado para la condición de pico con la siguiente expresión:

$$Q \left(\frac{1}{s} \right) = 1,15 \text{ l/seg ha} \times 0,80 \times S_{BP} \text{ (ha)}$$

En el cuadro Nº 7-1 se resume el cálculo estimativo de la superficie de infiltración de los canales del modelo de la fracción de riego en la hipótesis de canales sin revestir, mientras que en el cuadro Nº 8-1 en el supuesto de canales revestidos. En ambos casos se ha adoptado para el canal principal una capacidad de conducción media de $25 \text{ m}^3/\text{s}$.

4-2-1 Eficiencias de conducción con canales de tierra

a.- A nivel de cabecera de terciarios

* Superficie total de infiltración: $51.150 + 21.618 = 72.768 \text{ m}^2$

* Pérdidas en la conducción:

$$72.768 \text{ m}^2 \times 0,30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día} = 21.830 \text{ m}^3/\text{día} = 252,7 \text{ l/s}$$

CUADRO Nº 6-1
CALCULO ESTIMATIVO DE LA SUPERFICIE DE INFILTRACION DE LA RED
DE ACEQUIAS DE UNA CHACRA

TRAMOS	CAUDAL l/s	Bf m	h m	Pm m	Am m ²	U m/s	Lm m	Sm m ²
0-I	552	1,50	0,60	3,66	1,44	0,38	715	2617
I-II	414	1,50	0,53	3,41	1,22	0,34	143	488
II-III	276	1,25	0,45	2,87	0,87	0,32	143	410
III-IV	138	1,00	0,34	2,23	0,51	0,27	2536	5655
IV-V								
I-V								
II-V								
III-V	69	0,80	0,26	1,74	0,31	0,22	800	1392
V-VI								
TOTAL								10.562

CUADRO Nº 7-1
CALCULO ESTIMATIVO DE LA SUPERFICIE DE INFILTRACION DE LOS
CANALES DEL MODELO DE FRACCION DE RIEGO PARA LOS CAUDALES DE PICO
CANALES DE TIERRA

CANAL	Q m ³ /s	Bf m	h m	Am m ²	U m/s	Pm m	Lm m	Sm m ²
Principal	25	8,00	2,40	27,84	0,90	16,65	6040	100.566
Secundario	2,21	2,00	1,10	4,02	0,55	5,98	2000	11.964
Terciarios	1,11	1,50	0,87	2,44	0,45	4,65	11.000	51.150
Terciarios	0,56	1,25	0,65	1,45	0,39	3,60	6.000	21.618

CUADRO Nº 8-1
CALCULO ESTIMATIVO DE LA SUPERFICIE DE INFILTRACION DE LOS
CANALES DEL MODELO DE FRACCION DE RIEGO PARA LOS CAUDALES DE PICO
CANALES REVESTIDOS CON HORMIGON SIMPLE

CANAL	Q m ³ /s	Bf m	h m	Am m ²	U m/s	Pm m	Lm m	Sm m ²
Principal	25	4,00	2,24	16,49	1,52	12,11	6040	73.137
Secundario	2,21	1,00	0,97	2,38	0,93	4,50	2000	9.000
Terciarios	1,11	0,75	0,75	1,41	0,79	3,46	11.000	38.033
Terciarios	0,56	0,50	0,60	0,84	0,67	2,67	6.000	15.996

es decir: $\frac{252,7 \text{ l/s}}{3.312 \text{ l/s}} = 7,6\% \approx 8\%$

En consecuencia la eficiencia de conducción a nivel de cabecera de terciario resulta:

$$E_{CT} = 92 \%$$

b.- A nivel de cabecera de secundario

- * Superficie total de infiltración:

$$11.964 + 51.150 + 21.618 = 84.732 \text{ m}^2$$

- * Pérdidas en la conducción en la fracción de riego:

$$84.732 \text{ m}^2 \times 0,30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día} = 25.420 \text{ m}^3/\text{día} = 294 \text{ l/s}$$

es decir: $\frac{294 \text{ l/s}}{3.312 \text{ l/s}} = 9\%$

La eficiencia de conducción, entre dos tomas consecutivas de secundarios será:

$$E_{CS} = 91\%$$

c.- A nivel de canal principal, entre dos tomas consecutivas de secundarios

- * Superficie total de infiltración: 100.566 m²

- * Pérdidas en la conducción entre dos tomas consecutivas de secundarios (cada 6 km):

$$100.566 \text{ m}^2 \times 0,30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día} = 30.170 \text{ m}^3/\text{día} = 349 \text{ l/s} ;$$

$$\frac{349 \text{ l/s}}{6 \text{ km}} = 58,2 \text{ l/s km}$$

Suponiendo un desarrollo del canal principal de 80 km y una capacidad de conducción de pico en cabecera de 60 m³/s, la pérdida de conducción total será:

$$58,2 \text{ l/s km} \times 80 \text{ km} = 4,66 \text{ m}^3/\text{s} ; \text{ es decir:}$$

$$\frac{4,66 \text{ m}^3/\text{s}}{60 \text{ m}^3/\text{s}} = 7,8\% \approx 8\%$$

La eficiencia en la conducción a nivel de cabecera del canal principal será:

$$E_{cp} = 0,92 \times 0,91 = 0,837 \approx 84\%$$

$$E_{cp} = 84\%$$

4-2-2 Eficiencias de conducción con canales revestidos

a.- A nivel de cabecera de terciarios

* Superficie total de infiltración:

$$38.033 + 15.996 = 54.029 \text{ m}^2$$

* Pérdidas en la conducción:

$$54.029 \text{ m}^2 \times 0,08 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día} = 4.322 \text{ m}^3/\text{día} = 50 \text{ l/s}$$

es decir:

$$\frac{50 \text{ l/s}}{3312 \text{ l/s}} = 1,5\% \approx 2\%$$

Luego la eficiencia de conducción a nivel de cabecera de terciario será:

$$E_{ct} = 98\%$$

b.- A nivel de cabecera de secundarios:

* Superficie total de infiltración: 9.000 + 54.029 = 63.029 m².

- * Pérdidas de conducción en la fracción de riego:

$$63.029 \text{ m}^2 \times 0,08 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día} = 5.042 \text{ m}^3/\text{día} = 58,4 \text{ l/s}$$

$$\text{es decir: } \frac{58,4 \text{ l/s}}{3312 \text{ l/s}} = 1,8 \% \approx 2\%$$

La eficiencia de conducción a nivel de cabecera de secundario será:

$$E_{cs} = 98\%$$

c.- A nivel de canal principal, entre dos tomas consecutivas de secundarios:

- * Superficie total de infiltración: 73.137 m²

- * Pérdidas en la conducción:

$$73.137 \text{ m}^2 \times 0,08 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día} = 5.851 \text{ m}^3/\text{día} = 67,7 \text{ l/s}$$

$$\text{es decir: } \frac{67,7 \text{ l/s}}{6 \text{ Km}} = 11,3 \text{ l/s Km}$$

Para un desarrollo del canal principal de 80 Km y una capacidad de conducción de pico en cabecera de 55 m³/s, la pérdida total por conducción será:

$$11,3 \text{ l/s Km} \times 80 \text{ Km} = 903 \text{ l/s} ; \frac{0,903 \text{ m}^3/\text{s}}{55 \text{ m}^3/\text{s}} = 1,6\% \approx 2\%$$

La eficiencia de conducción a nivel de cabecera de canal principal será: $E_{cp} = 0,98 \times 0,98 = 0,96$

$$E_{cp} = 96\%$$

5.- DOTACIONES DE RIEGO

5-1 Dotaciones Medias Ponderadas a Nivel de Cabecera de Chacra

En el cuadro Nº 9-1 se resume el cálculo de los requerimientos y de las dotaciones de riego de los cultivos representativos de la estructura

productiva, así como también de las dotaciones de riego ponderadas a nivel de cabecera de chacra.

Las estimaciones se realizaron conforme a las siguientes relaciones:

$$NR = (UCa) - Pef$$

$$dR_{ch} = \frac{NR}{Ech}$$

$$dp = dR \cdot pc$$

$$dm \text{ (l/s Ha)} = \sum dp \text{ (mm)} \times \frac{10 \text{ m}^3/\text{Ha}}{\text{mm/mes}} \times \frac{1000 \cancel{\text{l}}}{\text{m}^3} \times \frac{1}{\text{x seg/mes}}$$

Siendo:

NR: requerimiento de riego en mm en el mes

UCa: uso consuntivo en mm en el mes.

Pef: precipitación efectiva computable en el mes

Ech: eficiencia de riego en chacra; según el apartado 4-1 ; Ech = 57%

dRch: dotación de riego en mm del mes a nivel de cabecera de chacra

pc: porcentaje de participación del cultivo en la estructura agrícola, según cuadro N° 4-1

dp: dotación de riego ponderada en mm del cultivo en el mes

dm: dotación de riego ponderada de la estructura agrícola en el mes

Conforme al referido cuadro N° 9-1 la dotación máxima ponderada se establecerá para el mes de diciembre con un valor de 1 l/seg Ha

5-2 Dotaciones de Riego de Diseño a Nivel de Cabecera de Canales

Para estimar las dotaciones de riego de diseño a nivel de cabecera de canales se han tenido en cuenta las siguientes relaciones:

$$d_d = \frac{dRch}{Ec} \alpha 1 . \alpha 2$$

Siendo:

CUADRO N° 9-1
 ESTIMACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO Y DE LAS DOTACIONES MEDIAS PONDERADAS A NIVEL DE CABECERA DE CUASCA
 (Valores en mm.)

MES	PRECIPITACION			TEMPERATURA			HUMEDAD			VIENTO			NEBLINA			RADIACION SOLAR				
	UCE	NR	DR	UCE	NR	DR	UCE	NR	DR	UCE	NR	DR	UCE	NR	DR	UCE	NR	DR		
Enero	0	---	---	181,3	181,3	318,1	63,6	212,4	372,6	186,3	152,0	152,0	152,0	152,0	6,7	---	---	---	256,6	0,96
Febrero	0	---	---	142,3	142,3	247,7	48,9	150,7	254,2	132,2	128,7	128,7	128,7	128,7	5,5	---	---	---	187,7	0,73
Marzo	0	---	---	100,3	100,3	175,0	35,2	102,4	179,7	89,8	85,9	85,9	85,9	85,9	3,8	---	---	---	138,8	0,48
Abril	0	---	---	---	---	---	---	47,3	83,0	41,5	---	---	---	---	---	---	---	---	53,3	0,21
Mayo	6	25,8	26,8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8,5	0,03
Junio	3	23,1	19,7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8,8	0,03
Julio	2	24,9	22,9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	16,6	0,04
Agosto	0	37,9	37,9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	17,6	0,07
Septiembre	2	65,8	53,8	---	---	---	---	39,8	37,8	66,3	33,2	---	---	---	---	---	---	---	22,3	0,08
Octubre	0	83,9	83,9	---	---	---	---	77,8	77,8	136,5	68,3	---	---	---	---	---	---	---	53,7	0,19
Noviembre	0	97,2	97,2	59,6	59,6	102,8	28,6	132,8	233,0	116,5	67,9	67,9	67,9	67,9	3,0	130,9	130,9	96,2	0,35	
Diciembre	0	110,8	110,8	113,4	113,4	199,0	37,8	191,8	336,5	168,3	122,0	122,0	122,0	122,0	5,4	142,2	142,2	142,2	109,7	0,41
																			268,3	1,00



d_d : dotación de riego ponderada de pico a nivel de cabecera de chacra = 1 l/s Ha.

E_c : Eficiencia de conducción a nivel de cabecera de canal, cuyos valores para canales revestidos y en tierra a nivel terciario, secundario y principal se indican en el apartado 4-2.

α_1 : Coeficiente de seguridad que considera la interrupción del suministro durante "n" días en el mes de pico; puede calcularse con la siguiente expresión:

$$\alpha_1 = 1 + \frac{n}{31}$$

El valor de n y por lo tanto de α_1 asume valores mayores para los canales menores. Para los propósitos de este estudio se adoptan los siguientes valores:

* Canales terciarios y secundarios: $n = 1$ día ; $1 + \frac{1}{31} = 1,032$

* Canal principal: $n = \frac{1}{2}$ día ; $1 + \frac{0,5}{31} = 1,016$

α_2 : Coeficiente de mayoración en concepto de distribución de cultivos diferente a la media supuesta en el cuadro N° 4-1. También aquí los valores serán menores a medida que nos acercamos a la cabecera del sistema (presa de Michihuao) donde el valor será igual a la unidad.

Para este estudio se adoptan los siguientes valores:

* Canal terciario: $\alpha_2 = 1,10$

* Canal secundario: $\alpha_2 = 1,075$

* Canal principal: $\alpha_2 = 1,05$

Reemplazando los respectivos valores de E_c , α_1 y α_2 , se calcularon las dotaciones de riego de diseño para los canales terciarios, secundarios y principal. Los resultados se indican en el cuadro N° 10-1.

CUADRO Nº 10-1

DOTACIONES DE RIEGO DE PICO PARA EL DISEÑO DE CANALES TERCIARIOS
SECUNDARIOS Y PRINCIPAL

Cabecera de canal	En Tierra		Revestido	
	Ec(%)	dR(1/s Ha)	Ec(%)	dR(1/s Ha)
Terciario	92	1,23	98	1,16
Secundario	91	1,22	98	1,13
Principal	84	1,27(*)	96	1,11

(*) Para la situación combinada "canal principal revestido - secundarios y terciarios de tierra":

$$d_R = \frac{1 \text{ l/s ha}}{0,91 \times 0,98} \times 1,016 \times 1,05 = 1,20 \text{ l/s ha}$$

5-3 Dotaciones de consumo:

Con el fin de estimar los volúmenes de agua que efectivamente se consumirán con el riego bajo las hipótesis de eficiencias asumidas, en el cuadro Nº 11-1 se indican las dotaciones medias ponderadas mensuales de riego a nivel de cabecera del sistema de riego (presa de Michihuao), para la red de canales totalmente revestidos, sin revestir y para una situación intermedia.

Las dotaciones de consumo fueron calculadas con la siguiente expresión:

$$dc = \frac{dm}{Ec} \quad \text{donde}$$

dm: dotación de riego media ponderada de la estructura agrícola del mes a nivel de cabecera de chacra (cuadro Nº 9-1)

Ec: eficiencia de conducción a nivel de canal principal (apartado 4-2)