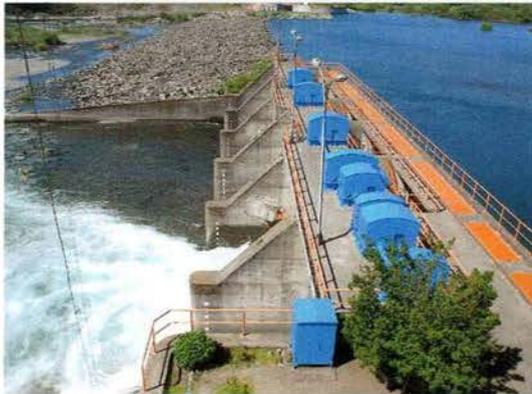




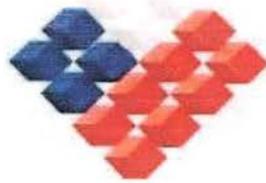
**GOBIERNO DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

# **PROGRAMA DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES PARA EL MANEJO Y DESARROLLO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS ETAPA II, CANAL LAJA**



**INFORME FINAL  
TOMO II**

**ASOCIACION DE CANALISTAS DEL LAJA**  
Los Angeles, Diciembre de 2006



**GOBIERNO DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

**PROGRAMA DE TRANSFERENCIA DE  
CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES PARA EL  
MANEJO Y DESARROLLO DE CUENCAS  
HIDROGRAFICAS ETAPA II,  
CANAL LAJA**

**ANEXO N°9**

**ASOCIACION DE CANALISTAS DEL LAJA**

**Elaboración de Proyectos de Infraestructura**

# “Proyecto de Revestimiento Canal Acacio N°1”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del canal Acacio N°1.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 225 [l/s] el cuál representa los derechos de los 10 regantes a beneficiar, más una holgura por capacidad.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### 1.4 Revancha

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento con un mínimo de 20 cm., lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales. Se dispone de una altura menor para aquellos casos en que se justifica su adopción.

#### 1.5 Verificaciones de Diseño

##### 1.5.1 Bernoulli

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{critico}}$$

##### 1.5.2 Velocidad Máxima

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{\text{Máx}}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{\text{Máx}} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### 1.5.3 Velocidad Mínima

Las velocidades mínimas ( $V_{\text{Min}}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{\text{Min}} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Introducción

El tramo a diseñar corresponde a dos sectores. Uno desde puente existente en predio del Sr. Pezoa a 390m aguas arriba y otro, aguas abajo desde dicho puente totalizando 215m. En ambos sectores, el canal se encuentra en pésimas condiciones, incluyendo la pérdida de su berma, por lo que urge el revestimiento descrito.

### 2.2 Análisis

Actualmente el canal posee importantes filtraciones ocasionadas por árboles en la berma del cauce y su base de terraplén. El objetivo que se persigue es mejorar la eficiencia en la entrega de las aguas a los regantes, para así poder mejorar su producción.

El diseño contemplará el revestimiento total del primer sector (aguas arriba de puente predial), y sólo parte del segundo (aguas abajo), debido a las restricciones presupuestarias del proyecto.

### 2.3 Diseño Sección Hidráulica S1

#### Primer Sector

Cota radier de salida: 98.277 m  
Cota radier de entrada: 98.700 m  
Longitud a revestir: 390 m

Pendiente de diseño: 0.0011 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 225 \text{ [l/s]} \approx 0.23 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $i_{\text{diseño}} = 0.11 \%$

Así con  $b=0.75 \text{ m}$ .  $\rightarrow h_n=0.41 \text{ m}$ ;  $V_n=0.75 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c=0.21 \text{ m}$  y  $V_c=1.44 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude})=0.37 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y=15\%h = 0.06 \text{ m} < 20\text{cm}$ .

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 0.75\text{m} \quad H = 0.60\text{m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n=0.41 \text{ m y } V_n=0.75 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.44 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.32 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.38 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=0.75 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### 2.4 Diseño Sección Hidráulica S2

#### Segundo Sector

Cota radier de salida: 97.892 m  
Cota radier de entrada: 98.253 m  
Longitud a revestir: 215 m

Pendiente de diseño: 0.00167 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 225 \text{ [l/s]} \approx 0.23 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $i_{\text{diseño}} = 0.167 \%$

Así con  $b=0.75 \text{ m}$ .  $\rightarrow h_n=0.35 \text{ m}$ ;  $V_n=0.87 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c=0.21 \text{ m}$  y  $V_c=1.44 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude})=0.47 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.05 \text{ m} < 20\text{cm}$ .

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 0.75\text{m} \quad H = 0.55\text{m}$$

Verificaciones:

c) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.35 \text{ m y } V_n = 0.87 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.39 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = 0.32 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.22 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

d) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 0.87 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.5 Diseño Transiciones

Ahora, se calcula la longitud de transición con un ángulo máximo de  $12.5^\circ$  (Chow, V.T.) para que no se produzca la separación de la vena líquida con las paredes, esto es:

$$L_T = \frac{0.5 \cdot (L_2 - L_1)}{\text{tg}(12.5^\circ)}$$

$$L_T = \frac{0.5 \cdot (L_2 - L_1)}{\text{tg}(12.5^\circ)} = \frac{0.5 \cdot (1.4 - 0.75)}{\text{tg}(12.5^\circ)} = 1.47 \text{ m}$$

Luego, la longitud de transición requerida es de:  $L_T = 1.5 \text{ m}$

## 2.6 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico de los sectores considerados. Para ello, se calculará el eje hidráulico de la sección no revestida hasta el KM. 610 (a 45cm del revestimiento proyectado del sector dos). Utilizando el software HEC-RAS 3.1.3, los resultados fueron los siguientes:

**Cross Section Output**

File Type Options Help

River: Acacio Profile: PF 1

Reach: tramo final RS: 5610 Plan: EAcac1

| Plan: EAcac1 Acacio tramo final RS: 5610 Profile: PF 1 |          | Element              | Left OB | Channel | Right OB |
|--|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m)  | 98.36    |                      |         |         |          |
| Vel Head (m)   | 0.01     | Wt. n-Val.           |         | 0.025   |          |
| W.S. Elev (m)  | 98.35    | Reach Len. (m)       | 30.00   | 30.00   | 30.00    |
| Crit W.S. (m)  |          | Flow Area (m2)       |         | 0.48    |          |
| E.G. Slope (m/m)                                       | 0.000877 | Area (m2)            |         | 0.48    |          |
| Q Total (m3/s)   | 0.23     | Flow (m3/s)          |         | 0.23    |          |
| Top Width (m)  | 1.52     | Top Width (m)        |         | 1.52    |          |
| Vel Total (m/s)  | 0.48     | Avg Vel. (m/s)       |         | 0.48    |          |
| Max Chl Dpth (m)                                       | 0.46     | Hydr. Depth (m)      |         | 0.32    |          |
| Conv. Total (m3/s)                                     | 7.8      | Conv. (m3/s)         |         | 7.8     |          |
| Length Wtd. (m)  | 30.00    | Wetted Per. (m)      |         | 1.87    |          |
| Min Ch El (m)  | 97.89    | Shear (N/m2)         |         | 2.21    |          |
| Alpha  | 1.00     | Stream Power (N/m s) |         | 1.06    |          |
| Fricn Loss (m)   | 0.03     | Cum Volume (1000 m3) |         | 0.05    |          |
| C & E Loss (m)   | 0.00     | Cum SA (1000 m2)     |         | 0.14    |          |

Errors, Warnings and Notes

Enter to move to next upstream river station location

Así, la profundidad máxima es de  $h_{Km610} = 0.46$  m. Realizando conservación de energía para esta última sección, y el inicio del revestimiento (Km 610 a 609.15), se tiene:

$$h_1^2 - f \cdot h_1 + \frac{4 \cdot V_c^2 \cdot Q}{g \cdot b_1} = 0$$

Con  $f = 0.4819$ , y resolviendo la ecuación cuadrática, se tiene:  $h_1 = 0.448$  m

Ahora, desarrollando el eje hidráulico de la sección revestida se obtiene los siguientes resultados:

| Datos                          | Cálculos | h0                 | h1      | h2        | h3      | h4      | h5       | h6      | h7       | h8      |
|--------------------------------|----------|--------------------|---------|-----------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|
| Q [m3/s]=                      | 0.23     | 0.448              | 0.430   | 0.400     | 0.390   | 0.380   | 0.370    | 0.360   | 0.358    | 0.357   |
| i [m/m]=                       | 0.00167  | A                  | 0.336   | 0.323     | 0.300   | 0.293   | 0.285    | 0.278   | 0.270    | 0.269   |
| n=                             | 0.015    | Pm                 | 1.646   | 1.610     | 1.550   | 1.530   | 1.510    | 1.490   | 1.470    | 1.466   |
| B [m]=                         | 0.75     | Rh                 | 0.204   | 0.200     | 0.194   | 0.191   | 0.189    | 0.186   | 0.184    | 0.183   |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |          | V                  | 0.685   | 0.713     | 0.767   | 0.786   | 0.807    | 0.829   | 0.852    | 0.857   |
| h inicial(h0)=                 | 0.448    | V <sup>2</sup> /2g | 0.024   | 0.026     | 0.030   | 0.032   | 0.033    | 0.035   | 0.037    | 0.038   |
| h1=                            | 0.430    | B                  | 0.472   | 0.456     | 0.430   | 0.422   | 0.413    | 0.405   | 0.397    | 0.395   |
| h2=                            | 0.400    | J                  | 0.00088 | 0.00098   | 0.00118 | 0.00126 | 0.00135  | 0.00145 | 0.00156  | 0.00159 |
| h3=                            | 0.390    | Jm                 | -       | 0.00093   | 0.00108 | 0.00122 | 0.00131  | 0.00140 | 0.00151  | 0.00158 |
| h4=                            | 0.380    | Jm-i               | -       | -0.0007   | -0.0006 | -0.0004 | -0.0004  | -0.0003 | -0.0002  | -0.0001 |
| h5=                            | 0.370    | Bi-Bf              | -       | 0.0159566 | 0.02596 | 0.00844 | 0.008318 | 0.00818 | 0.008026 | 0.00159 |
| h6=                            | 0.360    | Xi-Xf              | -       | -21.470   | -43.916 | -18.854 | -23.000  | -30.679 | -49.705  | -16.787 |
| h7=                            | 0.358    | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -21.47    | -65.39  | -84.24  | -107.24  | -137.92 | -187.62  | -204.41 |
| h8=                            | 0.357    | Km.                | 0       | -21.47    | -65.39  | -84.24  | -107.24  | -137.92 | -187.62  | -204.41 |

| Resultados   | h0    | h1     | h2     | h3     | h4      | h5      | h6      | h7      | h8      |
|--------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    | 0.448 | 0.430  | 0.400  | 0.390  | 0.380   | 0.370   | 0.360   | 0.358   | 0.357   |
| Distancia(m) | 0.00  | -21.47 | -65.39 | -84.24 | -107.24 | -137.92 | -187.62 | -204.41 | -214.71 |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h=0.36\text{m}$  bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

Para el sector 1, se toma altura de inicio la de desbordamiento ( $h=0.50\text{m}$ )

| Datos                   |        | Cálculos          |         |           |         |         |          |          |          |         |          |
|-------------------------|--------|-------------------|---------|-----------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=  | 0.23   | h                 | 0.600   | 0.550     | 0.500   | 0.490   | 0.480    | 0.470    | 0.460    | 0.440   | 0.430    |
| i [m/m]=                | 0.0011 | A                 | 0.450   | 0.413     | 0.375   | 0.368   | 0.360    | 0.353    | 0.345    | 0.330   | 0.323    |
| n=                      | 0.015  | Pm                | 1.950   | 1.850     | 1.750   | 1.730   | 1.710    | 1.690    | 1.670    | 1.630   | 1.610    |
| B [m]=                  | 0.75   | Rh                | 0.231   | 0.223     | 0.214   | 0.212   | 0.211    | 0.209    | 0.207    | 0.202   | 0.200    |
| Partición de Alturas[m] |        | V                 | 0.511   | 0.558     | 0.613   | 0.626   | 0.639    | 0.652    | 0.667    | 0.697   | 0.713    |
| h inicial(h0)=          | 0.600  | V <sup>2/2g</sup> | 0.013   | 0.016     | 0.019   | 0.020   | 0.021    | 0.022    | 0.023    | 0.025   | 0.026    |
| h1=                     | 0.550  | B                 | 0.613   | 0.566     | 0.519   | 0.510   | 0.501    | 0.492    | 0.483    | 0.465   | 0.456    |
| h2=                     | 0.500  | J                 | 0.00042 | 0.00052   | 0.00066 | 0.00070 | 0.00073  | 0.00077  | 0.00082  | 0.00092 | 0.00098  |
| h3=                     | 0.490  | Jm                | -       | 0.00047   | 0.00059 | 0.00068 | 0.00071  | 0.00075  | 0.00080  | 0.00087 | 0.00095  |
| h4=                     | 0.480  | Jm-i              | -       | -0.0006   | -0.0005 | -0.0004 | -0.0004  | -0.0003  | -0.0003  | -0.0002 | -0.0002  |
| h5=                     | 0.470  | Bi-Bf             | -       | 0.0474665 | 0.04667 | 0.00921 | 0.009159 | 0.009104 | 0.009045 | 0.01789 | 0.008834 |
| h6=                     | 0.460  | Xi-Xf             | -       | -74.904   | -91.277 | -21.805 | -23.746  | -26.302  | -29.814  | -77.494 | -56.086  |
| h7=                     | 0.440  | SUM(Xi-Xf)        | 0       | -74.90    | -166.18 | -187.99 | -211.73  | -238.03  | -267.85  | -345.34 | -403.43  |
| h8=                     | 0.430  | Km.               | 0       | -74.90    | -166.18 | -187.99 | -211.73  | -238.03  | -267.85  | -345.34 | -403.43  |
| Resultados              |        | h0                | h1      | h2        | h3      | h4      | h5       | h6       | h7       | h8      |          |
| Altura(m)               |        | 0.600             | 0.550   | 0.500     | 0.490   | 0.480   | 0.470    | 0.460    | 0.440    | 0.430   |          |
| Distancia(m)            |        | 0.00              | -74.90  | -166.18   | -187.99 | -211.73 | -238.03  | -267.85  | -345.34  | -403.43 |          |

Por lo tanto, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h=0.43\text{m}$  bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

## 2.7 Cálculo de Socavación

Para el cálculo de socavación, se utilizarán las fórmulas de Ivanissevich y Eggenberger, las cuales son las siguientes:

$$S = 0.34(C_v \cdot q)^{0.75} \cdot \frac{H^{0.375}}{D_{90}^{0.5}} \quad (\text{Ivanissevich})$$

$$S + h_d = 10.35 \cdot \frac{H^{0.5} q^{0.6}}{D_{90}^{0.4}} \quad (\text{Eggenberger})$$

Donde,  $C_v = 1$ ;  $q = 0.31$ ;  $H = 98.36 - 98.35 = 0.01$ ;  $D_{90} = 4.8$ ;  $h_d = 0.46$   
Luego:

$$S = 0.36 \text{ m} \quad (\text{Ivanissevich})$$

$$S = -0.18 \rightarrow S = 0 \quad (\text{Eggenberger})$$

De manera conservadora, se adopta una socavación de  $S = 0.4 \text{ m}$

## 2.8 Cálculo de Enrocado

Para el cálculo del enrocado, se utilizarán las fórmulas de Neill y California Highway Division (CHD), las cuales son las siguientes:

$$\frac{V_c}{\sqrt{gh}} = 2.03 \cdot \left(\frac{h}{D}\right)^{-2/5} \quad \text{con: } W = \gamma_D \cdot \frac{\pi \cdot D^3}{6} \quad \text{Neill} \quad (1)$$

$$W = \frac{0.0113 \cdot \gamma_D / \gamma \cdot V^6}{\left(\gamma_D - \gamma / \gamma\right)^3 \cdot \text{sen}^3(\theta - \alpha)} \quad \text{CHD} \quad (2)$$

Para Ec. (1)

$$V_c = 0.685; h = 0.45 \text{ y } \gamma_D = 2.65 \quad \rightarrow D = 0.005 \text{ [m]}$$

$$\text{Peso de enrocado: } W = 0.0001 \text{ [Kg]}$$

Para Ec. (2)

$$\gamma_D = 2.65; \gamma = 1; V = 0.69; \theta = 30^\circ; \alpha = 0^\circ$$

$$\text{Peso de enrocado: } W = 0.0057 \text{ [Kg]}$$

Así, en vista de la magnitud de la socavación y el enrocado calculados, se colocará un diente de 0.4m de profundidad y un enrocado al pie en dos capas de  $W = 20 \text{ Kg}$  en un largo de un metro.

### **3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL**

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Acacio N°1. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

#### **3.1 Materiales**

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### **3.2 Bases de Cálculo**

|                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Angulo de fricción interna del suelo | $\varphi=30^\circ$                 |
| Coefficiente de empuje activo        | $K_a=0.33$                         |
| Coefficiente de empuje sísmico       | $K_s=0.16$                         |
| Peso específico del suelo            | $\gamma_s=2.0$ [T/m <sup>3</sup> ] |
| Peso específico hormigón             | $\gamma_h=2.5$ [T/m <sup>3</sup> ] |

Tensiones admisibles del suelo:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{estático}} &= 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \\ \sigma_{\text{sísmico}} &= 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

### **4. DISEÑO ESTRUCTURAL**

#### **4.1 Armaduras**

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $H$  y  $B \geq 5 L$  ( $L$ : largo paño). Con ello, longitudinalmente sólo se dispondrá armadura de repartición.

##### **4.1.1 Armadura Transversal**

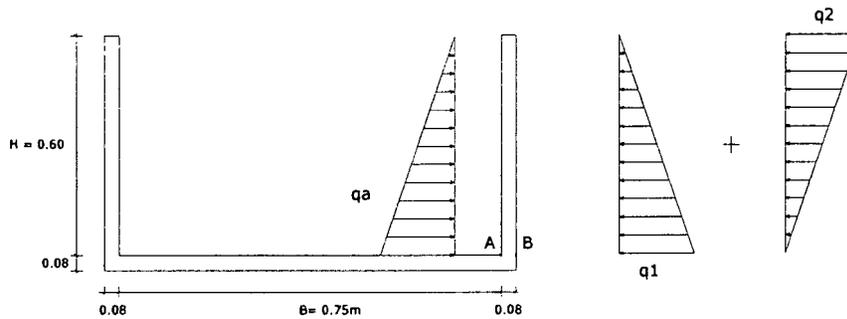
Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B = 0.75\text{m}$$

$$H = 0.60\text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.08\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



### Cara Interior (Punto A)

$$q_a: \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 0.6^2 / 2 = 0.18 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 1066.7 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.036 \text{ [Tm/m]} = 3600 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{3600}{1066.7} = 3.37 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 \cdot 2.0 \cdot 0.6 = 0.396 \text{ [T/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 \cdot 0.6 = 0.096 \text{ [T/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.03528 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s\text{calc}} = 0.158 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{\text{min}} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{min}} = 1.4 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s\text{min}} = 0.47 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{\text{retrac}} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{retrac}} = 1.2 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s\text{min}} < A_{s\text{retrac}}$ , se adopta  $A_{s\text{diseño}} = 1.2 \text{ [cm}^2\text{]}$

Con malla Acma C-139, se tiene  $A_{s\text{disponible}}=1.39 \text{ [cm}^2\text{/m]} > A_{s\text{diseño}}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40\phi$  o 200 mm.

#### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán cada 5m, en la sección perpendicular del canal, para obtener efecto de losa en una dirección. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir.

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación térmica del hormigón=  $10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$

L= Longitud paño= 5000 [mm]

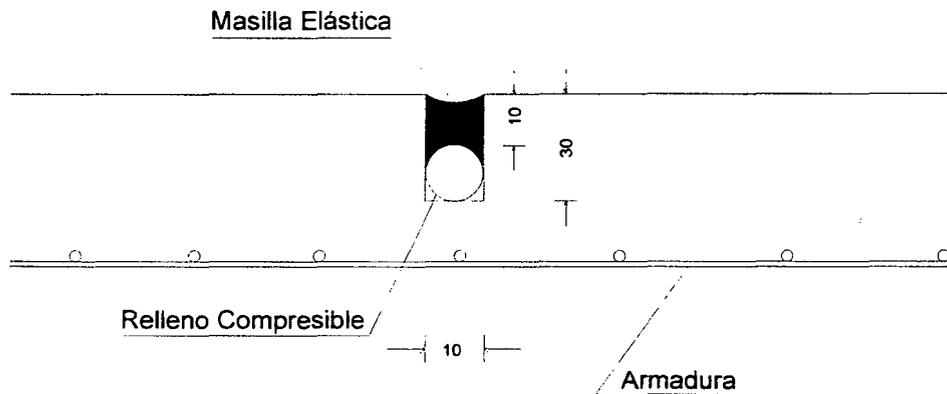
$\Delta T$ = Gradiente de temperatura= 40 [ $^\circ\text{C}$ ]

$\Delta L = 2 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 25% (Sikaflex 1A plus o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 8 \text{ [mm]}$$

Se adopta:  $\text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):

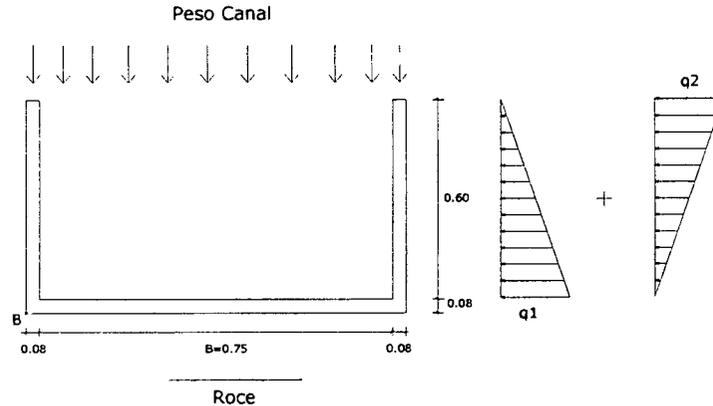


Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

### 4.3 Verificaciones

#### 4.3.1 Volcamiento y deslizamiento

Las verificaciones de volcamiento y flotación se realizan a continuación. Se contemplan las siguientes fuerzas que interactúan en el canal:



#### *Volcamiento*

El momento volcante, se encuentra dado por las fuerzas de empuje del suelo y sísmicas, actuando en una arista del canal (punto B figura), considerando que el canal se encuentra vacío, para tomar el caso más desfavorable. Así se tiene lo siguiente:

$$\text{Fuerza suelo: } 0.33 \cdot 0.6 / 2 = 0.099 \text{ [T/ml]}$$

$$\text{Fuerza sísmica: } 0.16 \cdot 0.6 / 2 = 0.048 \text{ [T/ml]}$$

$$M_{\text{Volcante}} = 0.099 \cdot 0.28 + 0.048 \cdot 0.48 = 0.05076 \text{ [Tm/ml]}$$

El momento resistente, se encuentra dado por la acción del peso del canal, esto es:

$$M_{\text{Resistente}} = 0.422 \cdot 0.455 = 0.19201 \text{ [Tm/ml]}$$

$$F.S. = \frac{M_{\text{Resistente}}}{M_{\text{Volcante}}} = \frac{0.19201}{0.05076} = 3.8 > 1.5 \quad \rightarrow \text{OK}$$

#### *Deslizamiento*

El deslizamiento es provocado por la acción de las fuerzas de empuje del suelo y sísmicas. La reacción viene dado por el efecto de roce suelo-hormigón ( $\mu=0.35$ ). Así, se tienen los siguientes cálculos:

$$F_{\text{Deslizantes}} = 0.099 + 0.048 = 0.147 \text{ [T]}$$

$$F_{\text{Resistente}} = 0.422 \cdot 0.35 = 0.148 \text{ [T]}$$

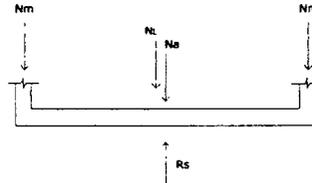
Como  $F_{\text{Resistente}} > F_{\text{Deslizantes}}$ , no existe deslizamiento

### 4.3.2 Flotación

No se realizará verificación por flotación por estar el canal diseñado en terraplén.

### 4.3.3 Tensión máxima admisible en fundación

Se analizará para el caso desfavorable donde el canal se encuentra lleno. Luego, se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$  : Peso muro = 0.24 [T/m]

$N_L$  : Peso losa canal = 0.182 [T/m]

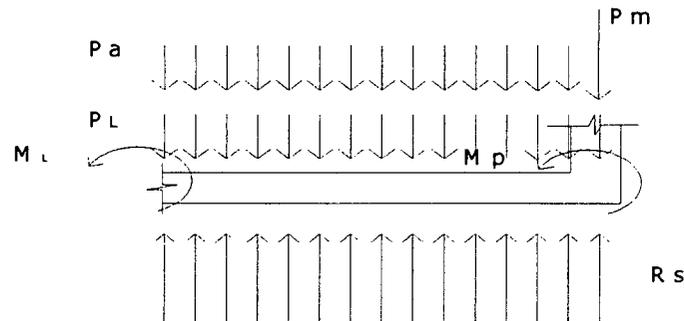
$$\sum N_i = 0.872 \text{ [T/m]}$$

$N_a$ : Peso agua = 0.45 [T/m]

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{0.872}{0.91} = 0.96 \text{ [T/m}^2] \rightarrow \sigma = 0.096 \text{ [kg/cm}^2] < 1.0 \text{ [kg/cm}^2] \Rightarrow \text{Ok}$$

### 4.4 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes sollicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L(B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{pared} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

$$\text{Con esto: } M(B/2) = 0.022 \text{ [T m]} \rightarrow A_{S_{calc}} = 0.098 \text{ [cm}^2].$$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

#### 4.5 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

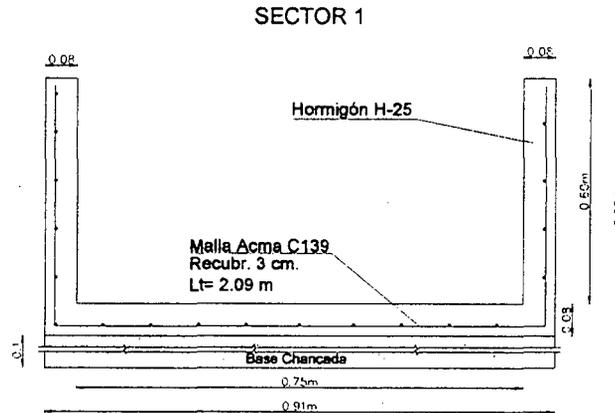
La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor sollicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{retrac}} = A_{S_{long}} = 1.2 \text{ [cm}^2/\text{ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-139}$$

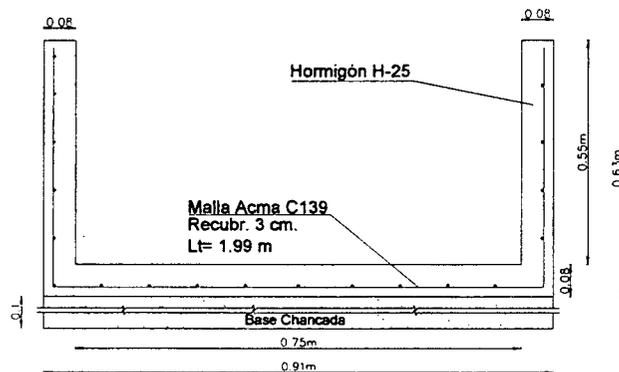
### 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir el canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma AT-56-50H tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres. La geometría y estructuración del canal, es la siguiente:

#### Canal:



SECTOR 2



**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
**Ingeniero Civil**

# **“Proyecto de Revestimiento Canal Matriz, desde Canoa Humenco a Compuerta Rosal”**

## **Memoria de Cálculo**

### **1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO**

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del Canal Matriz de la Asociación de Canalistas del Laja.

#### **1.1 Caudal de Diseño**

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 13.0 [m<sup>3</sup>/s] el cuál representa los derechos de los regantes a beneficiar de la Asociación.

#### **1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica**

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### **1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)**

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

Tabla 1: *Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)*

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Altura Crítica**

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$ = Altura crítica

$q$ = Caudal unitario

$g$ = Aceleración de gravedad

#### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### **1.6 Verificaciones de Diseño**

##### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{critico}}$$

##### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Max}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Max} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{Min}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Min} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

Este tramo corresponde a 2415 m que se deben reemplazar, debido a que el que se encuentra actualmente está en muy malas condiciones, incluyendo desmoronamiento en sus taludes. Por lo anterior, se proyecta el revestimiento de su sección con la misma geometría de la ya existente, comprobando la conducción mediante el desarrollo del eje hidráulico.

### 2.2 Diseño

Longitud a revestir: 2415 m

Pendiente disponible:  $i=0.0009$  [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 13$  [m<sup>3</sup>/s],  $b = 2$  m (ancho basal),  $z = 1.5$  (talud), e  $i_{\text{diseño}} = 0.9$  ‰

Se tiene:  $h_n = 1.59$  m;  $V_n = 1.87$  [m/s];  $h_c = 1.21$  m y  $V_c = 2.83$  [m/s]

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\% h_n = 0.24$  m  $>$  20cm  $\rightarrow$   $H = h_n + \Delta y = 1.83$  m

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 2.00 \text{ m} \quad Z = 1.5 \quad H = 1.83 \text{ m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n = 1.59 \text{ m y } v_n = 1.87 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 1.77 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = 1.61 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.10 \geq 1.10 \rightarrow \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $v_n = 1.87$  [m/s], la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta

### 2.2.3 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico del tramo considerado. Para ello, se estudiará el eje desde el inicio al término del tramo, considerando como cota de inicio la de coronamiento. Los resultados, son los siguientes:

| Datos                   |        | Cálculos           |         |          |          |          |          |          |          |          |           |
|-------------------------|--------|--------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Q [m3/s]=               | 13     | h0                 | h1      | h2       | h3       | h4       | h5       | h6       | h7       | h8       |           |
| i [m/m]=                | 0.0009 | h                  | 1.830   | 1.800    | 1.750    | 1.700    | 1.650    | 1.600    | 1.595    | 1.590    | 1.589     |
| n=                      | 0.015  | A                  | 8.683   | 8.460    | 8.094    | 7.735    | 7.384    | 7.040    | 7.006    | 6.972    | 6.965     |
| z=                      | 1.5    | Pm                 | 8.598   | 8.490    | 8.310    | 8.129    | 7.949    | 7.769    | 7.751    | 7.733    | 7.729     |
| B [m]=                  | 2      | Rh                 | 1.010   | 0.996    | 0.974    | 0.951    | 0.929    | 0.906    | 0.904    | 0.902    | 0.901     |
| Partición de Alturas[m] |        | V                  | 1.497   | 1.537    | 1.606    | 1.681    | 1.761    | 1.847    | 1.856    | 1.865    | 1.866     |
| inicial(h0)=            | 1.830  | V <sup>2</sup> /2g | 0.114   | 0.120    | 0.132    | 0.144    | 0.158    | 0.174    | 0.176    | 0.177    | 0.178     |
| h1=                     | 1.800  | B                  | 1.944   | 1.920    | 1.882    | 1.844    | 1.808    | 1.774    | 1.771    | 1.767    | 1.767     |
| h2=                     | 1.750  | J                  | 0.00050 | 0.00053  | 0.00060  | 0.00068  | 0.00077  | 0.00087  | 0.00089  | 0.00090  | 0.00090   |
| h3=                     | 1.700  | Jm                 | -       | 0.00052  | 0.00057  | 0.00064  | 0.00072  | 0.00082  | 0.00088  | 0.00089  | 0.00090   |
| h4=                     | 1.650  | Jm-i               | -       | -0.0004  | -0.0003  | -0.0003  | -0.0002  | -0.0001  | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000    |
| h5=                     | 1.600  | Bi-Bf              | -       | 0.023882 | 0.03885  | 0.037508 | 0.035963 | 0.034178 | 0.003309 | 0.003288 | 0.0006551 |
| h6=                     | 1.595  | Xi-Xf              | -       | -62.154  | -116.843 | -144.349 | -204.729 | -439.547 | -171.113 | -422.629 | -840.431  |
| h7=                     | 1.590  | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -62.15   | -179.00  | -323.35  | -528.07  | -967.62  | -1138.73 | -1561.36 | -2401.79  |
| h8=                     | 1.589  | Km.                | 0       | -62.15   | -179.00  | -323.35  | -528.07  | -967.62  | -1138.73 | -1561.36 | -2401.79  |
| Resultados              |        | h0                 | h1      | h2       | h3       | h4       | h5       | h6       | h7       | h8       |           |
| Altura(m)               |        | 1.830              | 1.800   | 1.750    | 1.700    | 1.650    | 1.600    | 1.595    | 1.590    | 1.589    |           |
| Distancia(m)            |        | 0.00               | -62.15  | -179.00  | -323.35  | -528.07  | -967.62  | -1138.73 | -1561.36 | -2401.79 |           |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h=1.59\text{m}$  bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

### 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Matriz. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

#### 3.1 Materiales

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia  $5000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

#### 3.2 Bases de Cálculo

Peso específico del suelo

$$\gamma_s = 2.0 \text{ [T/m}^3\text{]}$$

Angulo de fricción interna del suelo

$$\phi = 30^\circ$$

Coefficiente de empuje activo

$$K_a = 0.047$$

Coefficiente de empuje sísmico

$$K_s = 0.035$$

Peso específico hormigón

$$\gamma_h = 2.5 \text{ [T/m}^3\text{]}$$

Tensiones admisibles del suelo:

$$\sigma_{\text{estático}} = 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{\text{sísmico}} = 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Generalidades

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección. Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

#### 4.1.1 Armadura Transversal Muros

Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

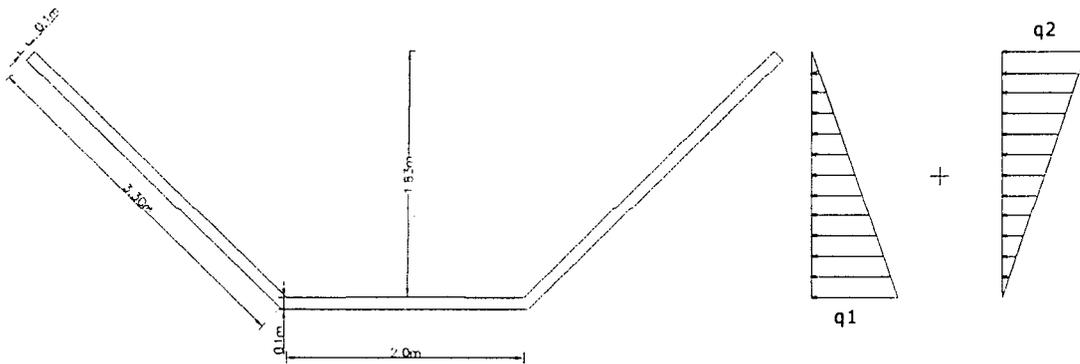
$$B = 2.00\text{m}$$

$$H = 1.83\text{m}$$

$$Z = 1.5$$

$$\text{Espesor} = 0.10\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos y empuje del suelo, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.047 \cdot 2.0 \cdot 1.83 = 0.172 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.035 \cdot 1.83 = 0.064 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.16744 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s\text{calc}} = 0.63 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{\text{min}} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{min}} = 1.68 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cual resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s\text{min}} = 0.56 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{\text{máx}} = 12.1 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{retrac}} = 7.25 \text{ [cm}^2\text{]}$
3.  $\rho_{\text{retrac}} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{retrac}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s\text{min}} < A_{s\text{retrac}}$ , se adopta  $A_{s\text{diseño}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-158, se tiene  $A_{s\text{disponible}} = 1.58 \text{ [cm}^2\text{/m]}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño. Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$  con mínimo 200 mm.

## 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en toda la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación térmica del hormigón =  $10^{-5}$  [mm/°C]

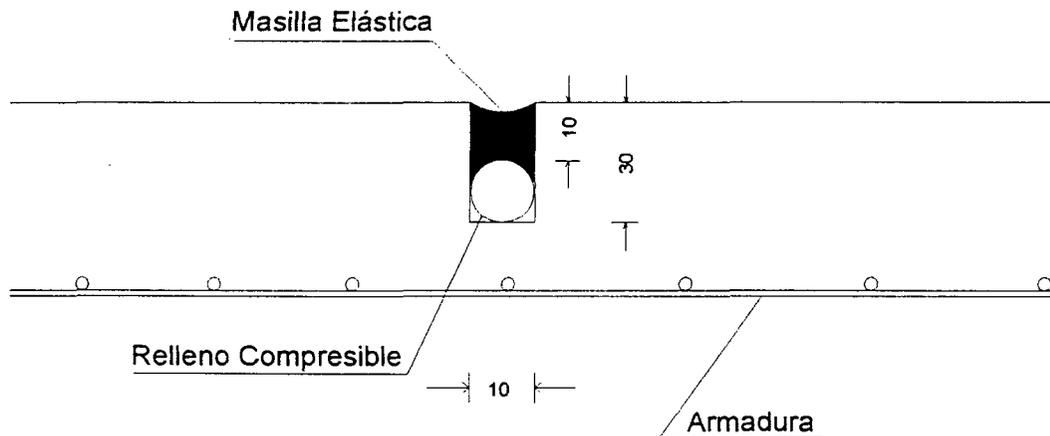
L = Longitud paño = 4000 [mm]

$\Delta T$  = Gradiente de temperatura = 40 [°C]

$\Delta L = 1.6$  [mm]. Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 5.3 \approx 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

## 4.3 Verificaciones

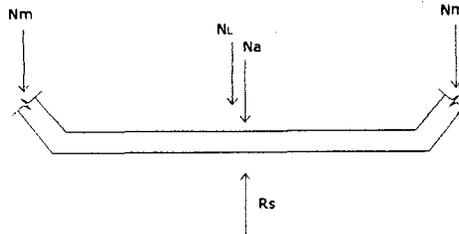
### 4.3.1 Volcamiento, deslizamiento y flotación

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en relleno. Para el caso de la flotación, no se considera realizar su verificación, debido a que el terreno donde va excavado el canal es de arena gruesa a fina limosa de compacidad media, lo que conlleva a una permeabilidad natural de tipo media a alta. Así, la recarga no es "acumulada" en el sector descrito, ya que es controlada por el estero con menor carga piezométrica (Estero Humenco).

A lo anterior, se adiciona la existencia de tramos revestidos del canal sin sistema de drenaje, los que no han tenido problema alguno.

#### 4.4 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$ : Peso muro = 1.65 [T/m]

$N_L$ : Peso losa canal = 0.5 [T/m]

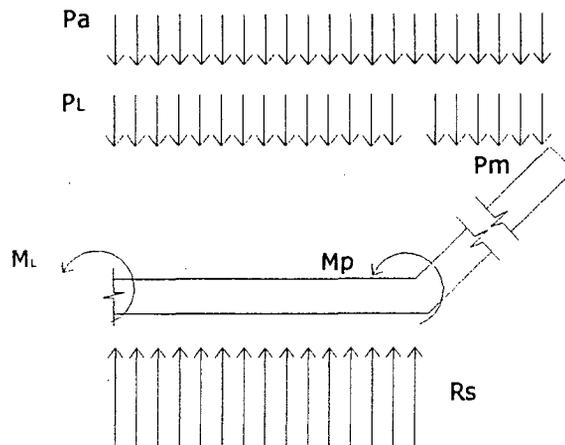
$N_a$ : Peso agua = 8.68 [T/m]

$$\sum N_i = 10.83 \text{ [T/m]}$$

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2l} = 1.45 \text{ [T/m}^2] \rightarrow \sigma = 0.145 \text{ [kg/cm}^2] < 1.0 \text{ [kg/cm}^2] \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.5 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L (B/2) = 0.127 \text{ [T m]}, \text{ con esto: } A_{S_{\text{calc}}} = 0.48 \text{ [cm}^2].$$

Como  $A_{S_{\text{calc}}} < A_{S_{\text{retrac}}}$ , se adopta la armadura de retracción para diseño. Así, se deberá utilizar malla Acma C158 con  $A_{S_{\text{disponible}}} = 1.58 \text{ [cm}^2/\text{m}]$

#### 4.6 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor solicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{\text{retrac}}} = A_{S_{\text{long}}} = 1.5 \text{ [cm}^2/\text{ml}] \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-158}$$

## **5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL**

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-158, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres. Dimensiones y detalles en planos de proyecto.

---

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
**Ingeniero Civil**

# “Proyecto Mitigación de Contaminación de las Aguas Canal Chacaico”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica para el revestimiento del Canal Chacaico.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 3.3 [m<sup>3</sup>/s]. La razón se debe a que el canal presenta dualidad en su servicio, en verano para regadío con un caudal a conducir de 1.8 [m<sup>3</sup>/s] aproximadamente, y en invierno como evacuador de las aguas lluvias con un caudal igual al de diseño del presente revestimiento.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

- Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]
- A: Area mojada [m<sup>2</sup>]
- R: Radio Hidráulico [m]
- i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]
- n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

Tabla 1: *Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)*

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Altura Crítica**

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$  = Altura crítica

$q$  = Caudal unitario

$g$  = Aceleración de gravedad

#### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### **1.6 Verificaciones de Diseño**

##### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{critico}}$$

##### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{M\acute{a}x}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{M\acute{a}x} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{M\acute{i}n}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{M\acute{i}n} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## **2. DISEÑO HIDRÁULICO**

### **2.1 Introducción**

El proyecto contempla el abovedamiento del canal mediante el revestimiento del tramo en calle Padre Hurtado hasta 70m antes de la entrada del sifón de línea férrea. Conjuntamente, se recubrirá la parte superior mediante la estructuración con mallas 3G, con el fin de evitar la introducción de basuras que habitualmente botan los habitantes del sector. El tramo total comprendido, es desde pasaje Parra hasta 70m antes de entrada sifón de línea férrea. Debido a que se cuenta con un proyecto aprobado por Serviu, entre la entrada al sifón y 70m aguas arriba, se llegará a la cota proyectada por dicho proyecto.

El análisis se realizará mediante dos tramos con distintas pendientes para poder sortear el paso de la alcantarilla existente bajo el primer puente, y el diseño será realizado desde aguas abajo hacia aguas arriba.

### **2.2 Diseño Hidráulico Tramo 2**

#### **2.2.1 Análisis**

Se realizará el diseño del segundo tramo, comenzando con diseño del revestimiento, después el diseño de la longitud de transición entre las secciones del proyecto Serviu y el presente, para posteriormente realizar la comprobación de lo anterior mediante al cálculo del eje hidráulico.

#### **2.2.2 Diseño Revestimiento**

Cota radier de salida: 247.14 m (dada por proyecto Serviu)

Longitud a revestir: 451.2 m

Pendiente:  $i=0.0019$  [m/m]

Cota radier de entrada: 248.00 m

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 3.3$  [m<sup>3</sup>/s],  $b = 2.25$  m, e  $i_{\text{diseño}} = 0.19$  ‰

Se tiene:  $h_n = 0.83$  m,  $V_n = 1.77$  [m/s];  $h_c = 0.60$  m y  $V_c = 2.43$  [m/s]

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%$   $h_n = 0.12$  m  $\rightarrow$   $H = h_n + \Delta y = 0.95$  m

Se opta por revancha mínima 20cm

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 2.25 \text{ m} \qquad H = 1.03 \text{ m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n = 0.83 \text{ m y } V_n = 1.77 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.99 \text{ m}$$

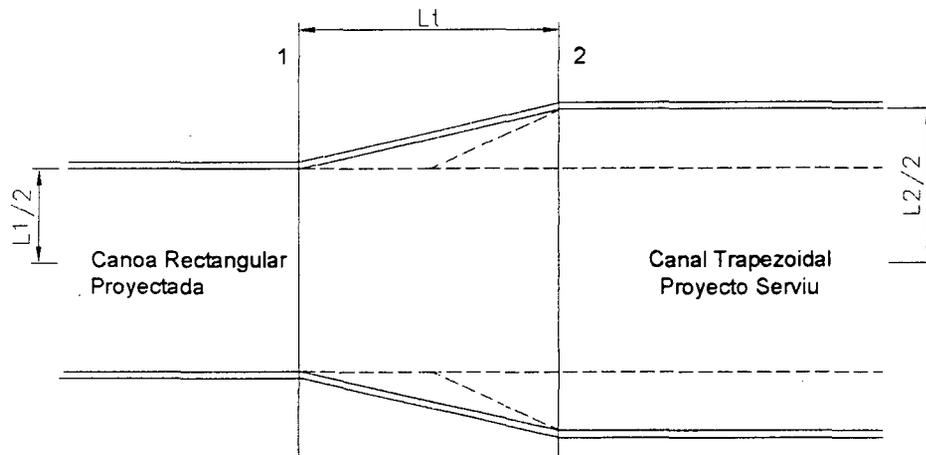
$$B_{\text{critico}} = \frac{3}{2} \cdot h_c = 0.90 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.10 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 1.77 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta

### 2.2.3 Diseño Transición

Esquemáticamente, se tiene lo siguiente:



*Figura 1*

Ahora, se calcula la longitud de transición con un ángulo máximo de  $12.5^\circ$  (Chow, V.T.) para que no se produzca la separación de la vena líquida con las paredes, esto es:

$$L_T = \frac{0.5 \cdot (L_2 - L_1)}{\text{tg}(12.5^\circ)}$$

$$L_T = \frac{0.5 \cdot (L_2 - L_1)}{\text{tg}(12.5^\circ)} = \frac{0.5 \cdot (2.5 - 2.25)}{\text{tg}(12.5^\circ)} = 0.56 \text{ m}$$

Luego, la longitud elegida es de:  $L_T = 1.0 \text{ m}$

### 2.2.4 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico del tramo. Para ello, se estudiará el eje desde el tramo proyectado por el proyecto Serviu hacia aguas arriba. Con lo anterior, se obtienen los siguientes subtramos a analizar:

- a. Transición
- b. Eje Canoa Proyectada

### a. Transición

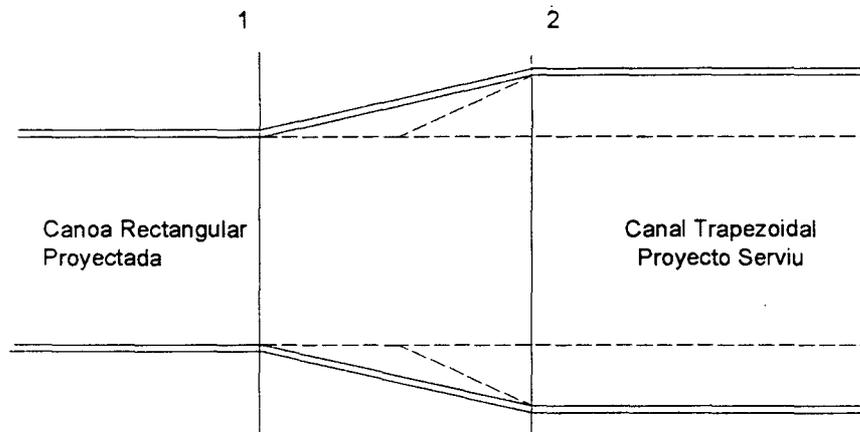


Figura 2

Al observar la figura 2, y despreciando las pérdidas de energía, se obtiene:

$$B_1 = B_2$$
$$h_1 + \frac{Q^2}{2g \cdot b_1^2 h_1^2} = B_2$$

Considerando altura normal al inicio del revestimiento Serviu (con  $B=2\text{m}$ ;  $Z=0.333$ ;  $i=4.87\%$ , y  $n=0.020$ ), se tiene  $B_2=0.931\text{ [m Kg/Kg]}$

Reemplazando  $Q=Q_{\text{diseño}}=3.3\text{ [m}^3/\text{s]}$ ,  $b_1=2.25\text{ m}$ , e iterando, reobtiene que la altura en la sección 1 (final de revestimiento proyectado) es de:

$$h_1=0.719\text{ m}$$

## b. Eje Canoa Proyectada

| Datos                          |        | Cálculos           | h0      | h1        | h2       | h3       | h4       | h5       | h6        | h7       | h8       |
|--------------------------------|--------|--------------------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=         | 3.3    | h                  | 0.719   | 0.720     | 0.740    | 0.760    | 0.780    | 0.800    | 0.820     | 0.825    | 0.827    |
| i [m/m]=                       | 0.0019 | A                  | 1.618   | 1.620     | 1.665    | 1.710    | 1.755    | 1.800    | 1.845     | 1.856    | 1.861    |
| n=                             | 0.015  | Pm                 | 3.688   | 3.690     | 3.730    | 3.770    | 3.810    | 3.850    | 3.890     | 3.900    | 3.904    |
| B [m]=                         | 2.25   | Rh                 | 0.439   | 0.439     | 0.446    | 0.454    | 0.461    | 0.468    | 0.474     | 0.476    | 0.477    |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |        | V                  | 2.040   | 2.037     | 1.982    | 1.930    | 1.880    | 1.833    | 1.789     | 1.778    | 1.774    |
| h inicial(h0)=                 | 0.719  | V <sup>2</sup> /2g | 0.212   | 0.212     | 0.200    | 0.190    | 0.180    | 0.171    | 0.163     | 0.161    | 0.161    |
| h1=                            | 0.720  | B                  | 0.931   | 0.932     | 0.940    | 0.950    | 0.960    | 0.971    | 0.983     | 0.986    | 0.987    |
| h2=                            | 0.740  | J                  | 0.00281 | 0.00280   | 0.00259  | 0.00240  | 0.00224  | 0.00208  | 0.00195   | 0.00191  | 0.00190  |
| h3=                            | 0.760  | Jm                 | -       | 0.00280   | 0.00269  | 0.00250  | 0.00232  | 0.00216  | 0.00202   | 0.00193  | 0.00191  |
| h4=                            | 0.780  | Jm-i               | -       | 0.0009    | 0.0008   | 0.0006   | 0.0004   | 0.0003   | 0.0001    | 0.0000   | 0.0000   |
| h5=                            | 0.800  | Bi-Bf              | -       | -0.000411 | -0.00871 | -0.00959 | -0.01038 | -0.01109 | -0.011737 | -0.00303 | -0.00116 |
| h6=                            | 0.820  | Xi-Xf              | -       | -0.455    | -10.964  | -16.047  | -24.696  | -42.638  | -101.995  | -101.572 | -154.989 |
| h7=                            | 0.825  | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -0.45     | -11.42   | -27.47   | -52.16   | -94.80   | -196.80   | -298.37  | -453.36  |
| h8=                            | 0.827  | Km                 | 0       | -0.45     | -11.42   | -27.47   | -52.16   | -94.80   | -196.80   | -298.37  | -453.36  |

| Resultados   | h0    | h1    | h2     | h3     | h4     | h5     | h6      | h7      | h8      |
|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    | 0.719 | 0.720 | 0.740  | 0.760  | 0.780  | 0.800  | 0.820   | 0.825   | 0.827   |
| Distancia(m) | 0.00  | -0.45 | -11.42 | -27.47 | -52.16 | -94.80 | -196.80 | -298.37 | -453.36 |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h=0.827\text{m}$  bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

## 2.3 Diseño Hidráulico Tramo 1

### 2.3.1 Análisis

El tramo considerado es desde el término del revestimiento existente en calle Padre Hurtado hasta el primer puente (ver planos proyecto).

### 2.3.2 Diseño Revestimiento

Cota radier de entrada: 249.07 m (cota radier revestimiento existente)

Longitud a revestir: 380 m

Pendiente:  $i=0.0019$  [m/m]

Cota radier de salida: 248.35 m

Con:  $Q_{\text{diseño}}=3.3$  [m<sup>3</sup>/s],  $b=2.25\text{m}$ , e  $i_{\text{diseño}}=0.19\%$

Se tiene:  $h_n=0.83$  m;  $V_n=1.77$  [m/s];  $h_c=0.60$  m y  $V_c=2.43$  [m/s]

Adicionando revancha:  $\Delta y=15\% h_n=0.12$  m  $\rightarrow H=h_n+\Delta y=0.95$  m

Se opta por revancha mínima 20cm

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B=2.25\text{ m}$$

$$H=1.03\text{ m}$$

Verificaciones:

c) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n=0.83 \text{ m y } V_n=1.77 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}}= 0.99 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = \frac{3}{2} \cdot h_c = 0.90 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.10 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

d) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=1.77 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta

### 2.3.3 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico del tramo considerado, imponiendo una altura al final del tramo igual a la altura crítica ( $h_c= 0.60\text{m}$ ). Con esto, el desarrollo del eje hidráulico es el siguiente:

**Eje Hidráulico para Sección Rectangular**

| Datos                          |        | Cálculos   | h0      | h1        | h2       | h3       | h4      | h5       | h6        | h7       | h8        |
|--------------------------------|--------|------------|---------|-----------|----------|----------|---------|----------|-----------|----------|-----------|
| Q [m3/s]=                      | 3.3    | h          | 0.600   | 0.650     | 0.700    | 0.750    | 0.770   | 0.790    | 0.800     | 0.820    | 0.828     |
| i [m/m]=                       | 0.0019 | A          | 1.350   | 1.463     | 1.575    | 1.688    | 1.733   | 1.778    | 1.800     | 1.845    | 1.863     |
| n=                             | 0.015  | Pm         | 3.450   | 3.550     | 3.650    | 3.750    | 3.790   | 3.830    | 3.850     | 3.890    | 3.906     |
| B [m]=                         | 2.25   | Rh         | 0.391   | 0.412     | 0.432    | 0.450    | 0.457   | 0.464    | 0.468     | 0.474    | 0.477     |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |        | V          | 2.444   | 2.256     | 2.095    | 1.956    | 1.905   | 1.857    | 1.833     | 1.789    | 1.771     |
| h inicial(h0)=                 | 0.600  | $V^2/2g$   | 0.305   | 0.260     | 0.224    | 0.195    | 0.185   | 0.176    | 0.171     | 0.163    | 0.160     |
| h1=                            | 0.650  | B          | 0.905   | 0.910     | 0.924    | 0.945    | 0.955   | 0.966    | 0.971     | 0.983    | 0.988     |
| h2=                            | 0.700  | J          | 0.00470 | 0.00374   | 0.00303  | 0.00250  | 0.00232 | 0.00216  | 0.00208   | 0.00195  | 0.00189   |
| h3=                            | 0.750  | Jm         | -       | 0.00422   | 0.00338  | 0.00276  | 0.00241 | 0.00224  | 0.00212   | 0.00202  | 0.00192   |
| h4=                            | 0.770  | Jm-i       | -       | 0.0023    | 0.0015   | 0.0009   | 0.0005  | 0.0003   | 0.0002    | 0.0001   | 0.0000    |
| h5=                            | 0.790  | Bi-Bf      | -       | -0.004902 | -0.01422 | -0.02113 | -0.01   | -0.01075 | -0.005631 | -0.01174 | -0.004861 |
| h6=                            | 0.800  | Xi-Xf      | -       | -2.115    | -9.585   | -24.508  | -19.727 | -31.770  | -25.458   | -101.995 | -240.178  |
| h7=                            | 0.820  | SUM(Xi-Xf) | 0       | -2.12     | -11.70   | -36.21   | -55.94  | -87.71   | -113.16   | -215.16  | -455.34   |
| h8=                            | 0.828  | Km.        | 0       | -2.12     | -11.70   | -36.21   | -55.94  | -87.71   | -113.16   | -215.16  | -455.34   |
| <b>Resultados</b>              |        | h0         | h1      | h2        | h3       | h4       | h5      | h6       | h7        | h8       |           |
| Altura(m)                      |        | 0.600      | 0.650   | 0.700     | 0.750    | 0.770    | 0.790   | 0.800    | 0.820     | 0.828    |           |
| Distancia(m)                   |        | 0.00       | -2.12   | -11.70    | -36.21   | -55.94   | -87.71  | -113.16  | -215.16   | -455.34  |           |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h=0.83\text{m}$  bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

## 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Chacaico. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

### 3.1 Materiales

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia  $5000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

### 3.2 Bases de Cálculo

Peso específico del suelo  
Angulo de fricción interna del suelo  
Coeficiente de empuje activo  
Coeficiente de empuje sísmico  
Peso específico hormigón

$$\begin{aligned}\gamma_s &= 2.0 \text{ [T/m}^3\text{]} \\ \phi &= 30^\circ \\ K_a &= 0.33 \\ K_s &= 0.16 \\ \gamma_h &= 2.4 \text{ [T/m}^3\text{]}\end{aligned}$$

Tensiones admisibles del suelo:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{estático}} &= 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \\ \sigma_{\text{sísmico}} &= 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Generalidades

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $L > 2H$  y  $2B$  (L: largo paño). Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

#### 4.1.1 Armadura Transversal Muros

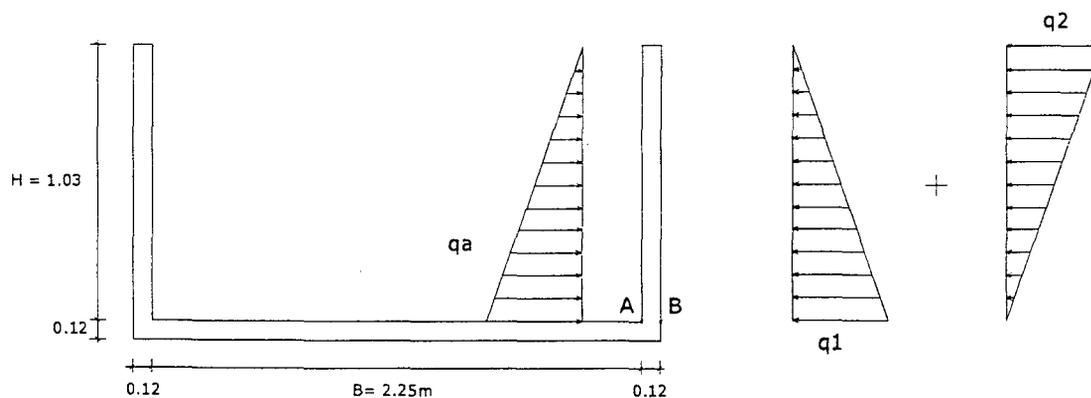
Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B = 2.25\text{m}$$

$$H = 1.03\text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.12\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



#### Cara Interior (Punto A)

$$q_a: \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 1.03^2 / 2 = 0.53 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 2400 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.182 \text{ [Tm/m]} = 18196.67 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{18196.67}{2400} = 7.58 \text{ [Kg/ cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/ cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 \cdot 2.0 \cdot 1.03 = 0.68 \text{ [T/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 \cdot 1.03 = 0.165 \text{ [T/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.17858 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s\text{calc}} = 0.501 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{\text{min}} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{min}} = 2.24 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cual resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s\text{min}} = 0.75 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{\text{retrac}} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{retrac}} = 1.81 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s\text{min}} < A_{s\text{retrac}}$ , se adopta  $A_{s\text{diseño}} = 1.81 \text{ [cm}^2\text{]}$

Con malla Acma C-188, se tiene  $A_{s\text{disponible}} = 1.88 \text{ [cm}^2\text{/m]} > A_{s\text{diseño}}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$  o 200 mm.

### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán cada 10m, en la sección perpendicular del canal, para obtener efecto de losa en una dirección. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir.

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$$\alpha: \text{Coeficiente de dilatación térmica del hormigón} = 10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$$

$$L = \text{Logitud paño} = 10000 \text{ [mm]}$$

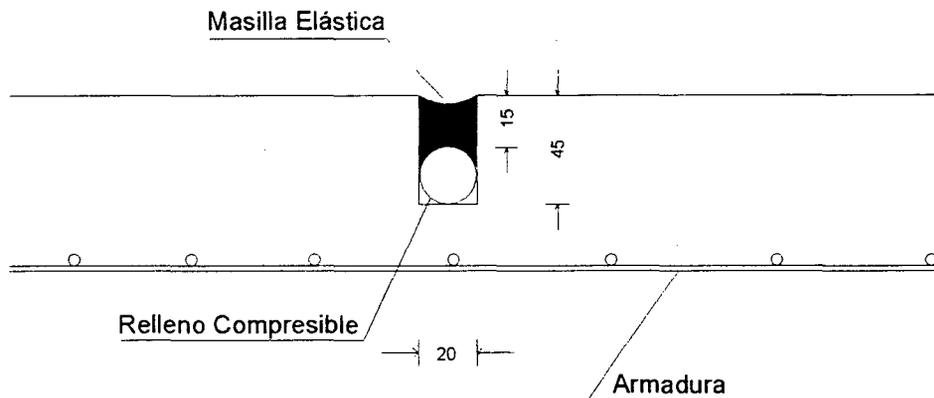
$\Delta T = \text{Gradiente de temperatura} = 40 \text{ [}^\circ\text{C]}$

$\Delta L = 4 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 25% (Sikaflex 1A plus o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 16 \text{ [mm]}$$

Se adopta:  $\text{ancho} = 20 \text{ [mm]}$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

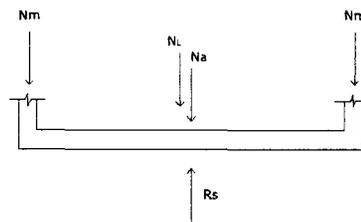
### 4.3 Verificaciones

#### 4.3.1 Volcamiento, Deslizamiento y Flotación

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en corte. Debido a que el nivel freático en el sector es bajo, no se dispondrá de medios para evitar la flotación del tramo a diseñar. Lo anterior se corrobora con el actual revestimiento existente, que no posee drenes.

#### 4.4 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$ : Peso muros =  $0.593 \text{ [T/m]}$

$N_L$ : Peso losa canal = 0.717 [T/m]

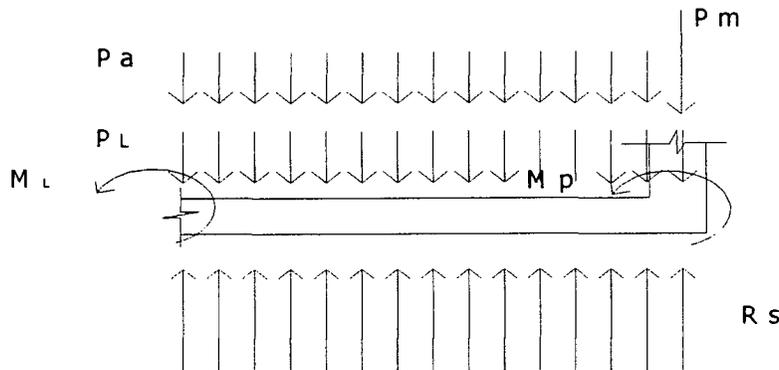
$$\sum N_i = 3.63 \text{ [T/m]}$$

$N_a$ : Peso agua = 2.32 [T/m]

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{3.63}{2.49} = 1.46 \text{ [T/m}^2] \rightarrow \sigma = 0.146 \text{ [kg/cm}^2] < 1.0 \text{ [kg/cm}^2] \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.5 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L(B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{pared} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

$$\text{Con esto: } M(B/2) = 0.084 \text{ [T m]} \rightarrow A_{S_{calc}} = 0.234 \text{ [cm}^2].$$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

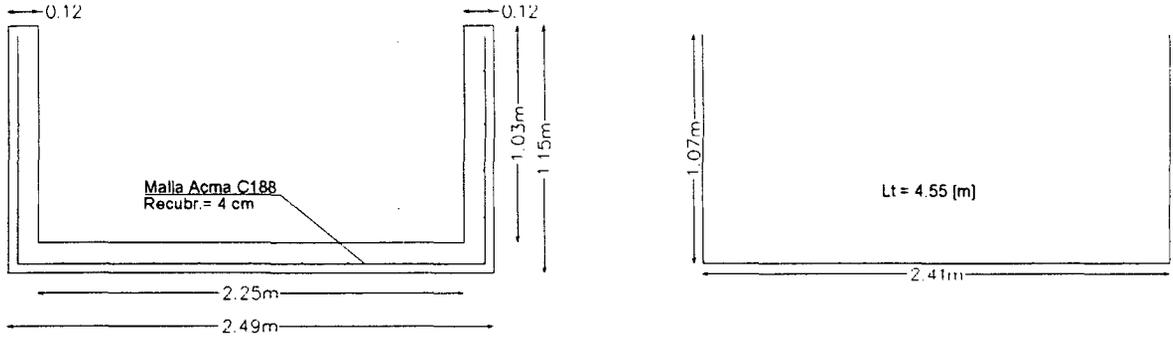
#### 4.6 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor solicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{retrac}} = A_{S_{long}} = 1.81 \text{ [cm}^2/\text{ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-188}$$

### 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-188, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres.



---

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

# **“Proyecto de Revestimiento San Gerardo-Ramal Cruz”**

## **Memoria de Cálculo**

### **1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO**

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del canal Ramal Cruz de San Gerardo.

#### **1.1 Caudal de Diseño**

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 130 [l/s] el cual representa los derechos de los regantes a beneficiar.

#### **1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica**

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cual se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

donde:

- Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]
- A: Area mojada [m<sup>2</sup>]
- R: Radio Hidráulico [m]
- i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]
- n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### **1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)**

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Altura Crítica**

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$ = Altura crítica

$q$ = Caudal unitario

$g$ = Aceleración de gravedad

#### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### **1.6 Verificaciones de Diseño**

##### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{critico}}$$

##### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{\text{Máx}}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{\text{Máx}} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{\text{Mín}}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{\text{Mín}} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## **2. DISEÑO HIDRÁULICO**

### **2.1 Análisis**

El sector comprende dos tramos a diseñar correspondientes a unos 950m de canal, desde la naciente en marco partidor hacia aguas abajo y otro desde cruce camino vecinal . Los tramos presentan desbordamiento a los predios vecinos así como al camino, causando anegamiento en las cosechas y deterioramiento de la vía pública. Por lo anterior, se propone su revestimiento en hormigón armado para encausar el flujo y disminuir la pérdida de los derechos.

### **2.2 Diseño Sección Hidráulica – Tramo 1**

Longitud a revestir: 452 m

Pendiente de diseño: 0.00101 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 130 \text{ [l/s]} = 0.13 \text{ [m}^3\text{/s]}$

$i_{\text{diseño}} = 1.01 \text{ ‰}$

Para canal rectangular con  $B = 0.60\text{m}$ , se tiene:

$h_n = 0.35 \text{ m}$ ;  $V_n = 0.63 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.17 \text{ m}$  y  $V_c = 1.28 \text{ [m/s]}$

$F(\text{Fraude}) = 0.34 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.05 \text{ m} \rightarrow$  tomando 20cm de revancha:

$H = h + \Delta y = 0.55\text{m}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 0.60\text{m} \qquad H = 0.55\text{m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.35 \text{ m y } V_n = 0.63 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.37 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = 0.25 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.48 \geq 1.10 \qquad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 0.63 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### 2.3 Eje Hidráulico – Tramo 1

A continuación se desarrolla el eje hidráulico del tramo a intervenir. Se toma como condición desfavorable el desbordamiento al término del tramo aguas abajo ( $h_0 = 0.55$  m). Así:

| Datos                          |         | Cálculos           |         |           |          |          |          |           |          |          |           |
|--------------------------------|---------|--------------------|---------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
|                                |         | h0                 | h1      | h2        | h3       | h4       | h5       | h6        | h7       | h8       |           |
| Q [m <sup>3</sup> /s]=         | 0.13    | h                  | 0.550   | 0.500     | 0.450    | 0.400    | 0.390    | 0.380     | 0.370    | 0.365    | 0.361     |
| i (m/m)=                       | 0.00101 | A                  | 0.330   | 0.300     | 0.270    | 0.240    | 0.234    | 0.228     | 0.222    | 0.219    | 0.217     |
| n=                             | 0.015   | Pm                 | 1.700   | 1.600     | 1.500    | 1.400    | 1.380    | 1.360     | 1.340    | 1.330    | 1.322     |
| B (m)=                         | 0.60    | Rh                 | 0.194   | 0.188     | 0.180    | 0.171    | 0.170    | 0.168     | 0.166    | 0.165    | 0.164     |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |         | V                  | 0.394   | 0.433     | 0.481    | 0.542    | 0.556    | 0.570     | 0.586    | 0.594    | 0.600     |
| h inicial(h0)=                 | 0.550   | V <sup>2</sup> /2g | 0.008   | 0.010     | 0.012    | 0.015    | 0.016    | 0.017     | 0.017    | 0.018    | 0.018     |
| h1=                            | 0.500   | B                  | 0.558   | 0.510     | 0.462    | 0.415    | 0.406    | 0.397     | 0.387    | 0.383    | 0.379     |
| h2=                            | 0.450   | J                  | 0.00031 | 0.00039   | 0.00051  | 0.00069  | 0.00074  | 0.00079   | 0.00085  | 0.00088  | 0.00090   |
| h3=                            | 0.400   | Jm                 | -       | 0.00035   | 0.00045  | 0.00060  | 0.00072  | 0.00077   | 0.00082  | 0.00086  | 0.00089   |
| h4=                            | 0.390   | Jm-i               | -       | -0.0007   | -0.0006  | -0.0004  | -0.0003  | -0.0002   | -0.0002  | -0.0001  | -0.0001   |
| h5=                            | 0.380   | Bi-Bf              | -       | 0.0483373 | 0.047753 | 0.04686  | 0.009222 | 0.0091603 | 0.009091 | 0.004517 | 0.0035994 |
| h6=                            | 0.370   | Xi-Xf              | -       | -73.481   | -85.803  | -115.194 | -31.430  | -37.482   | -47.753  | -30.773  | -30.310   |
| h7=                            | 0.365   | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -73.48    | -159.28  | -274.48  | -305.91  | -343.39   | -391.14  | -421.92  | -452.23   |
| h8=                            | 0.361   | Km.                | 0       | -73.48    | -159.28  | -274.48  | -305.91  | -343.39   | -391.14  | -421.92  | -452.23   |

| Resultados   |  | h0    | h1     | h2      | h3      | h4      | h5      | h6      | h7      | h8      |
|--------------|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    |  | 0.550 | 0.500  | 0.450   | 0.400   | 0.390   | 0.380   | 0.370   | 0.365   | 0.361   |
| Distancia(m) |  | 0.00  | -73.48 | -159.28 | -274.48 | -305.91 | -343.39 | -391.14 | -421.92 | -452.23 |

Por, lo tanto, se tendrá altura menor a la de coronamiento, tendiendo a su condición de escurrimiento normal.

### 2.4 Diseño Sección Hidráulica – Tramo 2

Longitud a revestir: 503 m

Pendiente de diseño: 0.00093 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 130$  [l/s] = 0.13 [m<sup>3</sup>/s]

$i_{\text{diseño}} = 0.93$  ‰

Para canal rectangular con B= 0.60m, se tiene:

$h_n = 0.36$  m;  $V_n = 0.61$  [m/s];  $h_c = 0.17$  m y  $V_c = 1.28$  [m/s]

$F(\text{Fraude}) = 0.32 < 1 \rightarrow$  Régimen de Río

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.05$  m  $\rightarrow$  tomando 20cm de revancha:  
 $H = h + \Delta y = 0.56$  m

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

B= 0.60m

H= 0.55m

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n=0.36 \text{ m y } V_n=0.61 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}}= 0.38 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}}= 0.25 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.52 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=0.61 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.5 Eje Hidráulico – Tramo 2

A continuación se desarrolla el eje hidráulico del tramo a intervenir. Se toma como condición desfavorable el desbordamiento al término del tramo aguas abajo ( $h_0= 0.55 \text{ m}$ ). Así:

| Datos                          |         | Cálculos           |         |           |          |         |         |           |           |         |           |
|--------------------------------|---------|--------------------|---------|-----------|----------|---------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|
|                                |         | h0                 | h1      | h2        | h3       | h4      | h5      | h6        | h7        | h8      |           |
| Q [m3/s]=                      | 0.13    | h                  | 0.550   | 0.500     | 0.450    | 0.420   | 0.410   | 0.400     | 0.390     | 0.380   | 0.370     |
| i [m/m]=                       | 0.00093 | A                  | 0.330   | 0.300     | 0.270    | 0.252   | 0.246   | 0.240     | 0.234     | 0.228   | 0.222     |
| n=                             | 0.015   | Pm                 | 1.700   | 1.600     | 1.500    | 1.440   | 1.420   | 1.400     | 1.380     | 1.360   | 1.340     |
| B [m]=                         | 0.60    | Rh                 | 0.194   | 0.188     | 0.180    | 0.175   | 0.173   | 0.171     | 0.170     | 0.168   | 0.166     |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |         | V                  | 0.394   | 0.433     | 0.481    | 0.516   | 0.528   | 0.542     | 0.556     | 0.570   | 0.586     |
| h inicial(h0)=                 | 0.550   | V <sup>2</sup> /2g | 0.008   | 0.010     | 0.012    | 0.014   | 0.014   | 0.015     | 0.016     | 0.017   | 0.017     |
| h1=                            | 0.500   | B                  | 0.558   | 0.510     | 0.462    | 0.434   | 0.424   | 0.415     | 0.406     | 0.397   | 0.387     |
| h2=                            | 0.450   | J                  | 0.00031 | 0.00039   | 0.00051  | 0.00061 | 0.00065 | 0.00069   | 0.00074   | 0.00079 | 0.00085   |
| h3=                            | 0.420   | Jm                 | -       | 0.00035   | 0.00045  | 0.00056 | 0.00063 | 0.00067   | 0.00072   | 0.00077 | 0.00082   |
| h4=                            | 0.410   | Jm-i               | -       | -0.0006   | -0.0005  | -0.0004 | -0.0003 | -0.0003   | -0.0002   | -0.0002 | -0.0001   |
| h5=                            | 0.400   | Bi-Bf              | -       | 0.0483373 | 0.047753 | 0.02825 | 0.00933 | 0.0092787 | 0.0092225 | 0.00916 | 0.0090913 |
| h6=                            | 0.390   | Xi-Xf              | -       | -83.654   | -100.208 | -76.865 | -31.221 | -35.953   | -43.211   | -55.723 | -82.362   |
| h7=                            | 0.380   | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -83.65    | -183.86  | -260.73 | -291.95 | -327.90   | -371.11   | -426.84 | -509.20   |
| h8=                            | 0.370   | Km.                | 0       | -83.65    | -183.86  | -260.73 | -291.95 | -327.90   | -371.11   | -426.84 | -509.20   |

| Resultados   |  | h0    | h1     | h2      | h3      | h4      | h5      | h6      | h7      | h8      |
|--------------|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    |  | 0.550 | 0.500  | 0.450   | 0.420   | 0.410   | 0.400   | 0.390   | 0.380   | 0.370   |
| Distancia(m) |  | 0.00  | -83.65 | -183.86 | -260.73 | -291.95 | -327.90 | -371.11 | -426.84 | -509.20 |

Por, lo tanto, se tendrá altura menor a la de coronamiento, tendiendo a su condición de escurrimiento normal.

### **3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL**

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal ramal Cruz. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

#### **3.1 Materiales**

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### **3.2 Bases de Cálculo**

|                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Peso específico del suelo            | $\gamma_s=2.0$ [T/m <sup>3</sup> ] |
| Angulo de fricción interna del suelo | $\phi=30^\circ$                    |
| Coefficiente de empuje activo        | $K_a=0.33$                         |
| Coefficiente de empuje sísmico       | $K_s=0.16$                         |
| Peso específico hormigón             | $\gamma_h=2.5$ [T/m <sup>3</sup> ] |

Tensiones admisibles del suelo:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{estático}} &= 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \\ \sigma_{\text{sísmico}} &= 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

### **4. DISEÑO ESTRUCTURAL**

#### **4.1 Generalidades**

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $L > 2H$  y  $2B$  (L:largo paño). Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

##### **4.1.1 Armadura Transversal Muros**

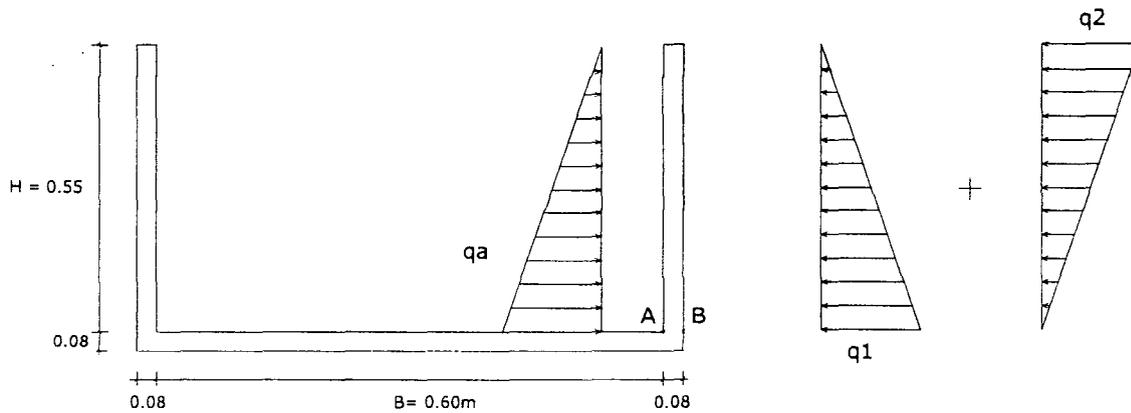
Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B= 0.60\text{m}$$

$$H= 0.55\text{m}$$

$$\text{Espesor}= 0.08\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



### Cara Interior (Punto A)

$$q_a: \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 0.55^2 / 2 = 0.151 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 1066.7 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.0277 \text{ [Tm/m]} = 2772.92 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{2772.92}{1066.7} = 2.6 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 \cdot 2.0 \cdot 0.55 = 0.363 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 \cdot 0.55 = 0.088 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.0272 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s, \text{calc}} = 0.121 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{\text{min}} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s, \text{min}} = 1.4 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s, \text{min}} = 0.47 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{\text{retrac}} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s, \text{retrac}} = 1.2 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $AS_{\min} < AS_{\text{retrac}}$ , se adopta  $AS_{\text{diseño}}=1.2 \text{ [cm}^2/\text{m]}$

Con malla Acma C-139, se tiene  $AS_{\text{disponible}}=1.39 \text{ [cm}^2/\text{m]}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$

#### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación térmica del hormigón =  $10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$

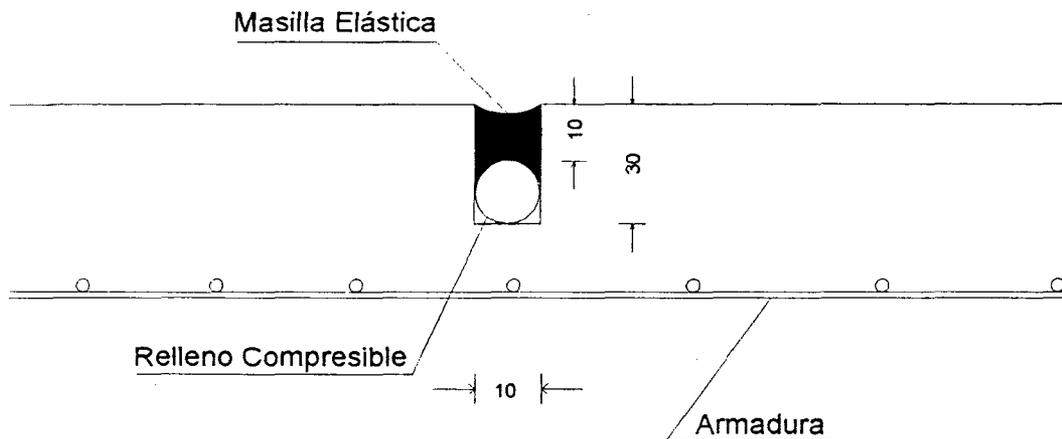
L = Logitud paño = 10000 [mm]

$\Delta T$  = Gradiente de temperatura = 30 [°C]

$\Delta L = 3 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

### 4.3 Verificaciones

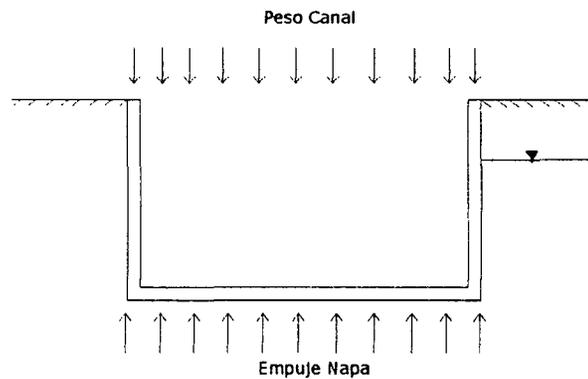
#### 4.3.1 Volcamiento y deslizamiento

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en corte.

#### 4.3.2 Flotación

Debido a que el terreno natural no tiene las mismas condiciones que el relleno compactado, el efecto de la presión de poros es menor. Por lo anterior, se considerará como caso más desfavorable, que la altura de la napa llega a lo más al 40% de la altura útil del canal.

El caso es el siguiente:



Donde:

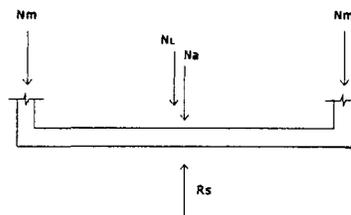
$$\text{Peso Canal} = e \cdot \gamma_H \cdot (B + 2e) + 2 \cdot e \cdot H \cdot \gamma_H = 0.372 \text{ [T/m]}$$

$$\text{Empuje Napa} = 0.4 \cdot (h + e) \cdot \gamma_a \cdot (B + 2e) = 0.192 \text{ [T/m]}$$

Como  $\text{Peso Canal} \geq \text{Empuje Napa}$ , no se necesita mecanismo para disminuir subpresiones.

### 4.4 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$$N_m: \text{Peso muros} = 0.22 \text{ [T/m]}$$

$$N_L: \text{Peso losa canal} = 0.152 \text{ [T/m]}$$

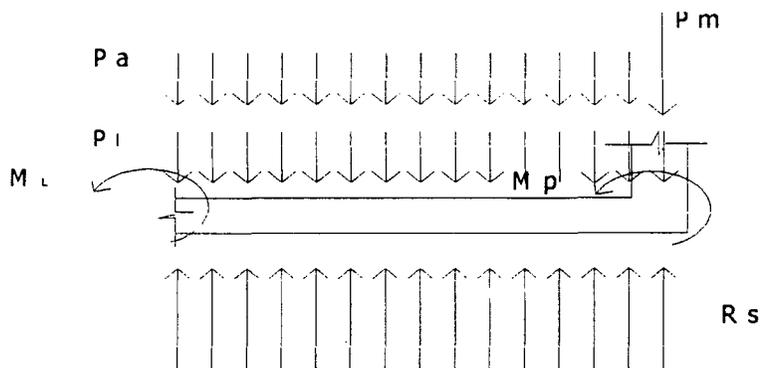
$$N_a: \text{Peso agua} = 0.48 \text{ [T/m]}$$

$$\sum N_i = 0.85 \text{ [T/m]}$$

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{0.85}{0.76} = 1.12 \text{ [T/m}^2\text{]} \rightarrow \sigma = 0.112 \text{ [kg/cm}^2\text{]} < 1.0 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.5 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L(B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{pared} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

$$\text{Con esto: } M(B/2) = 0.031 \text{ [T m]} \rightarrow A_{s\text{calc}} = 0.138 \text{ [cm}^2\text{]}.$$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

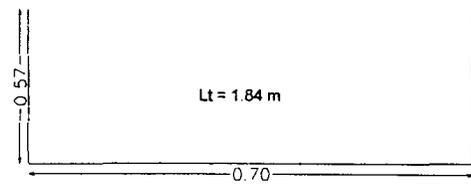
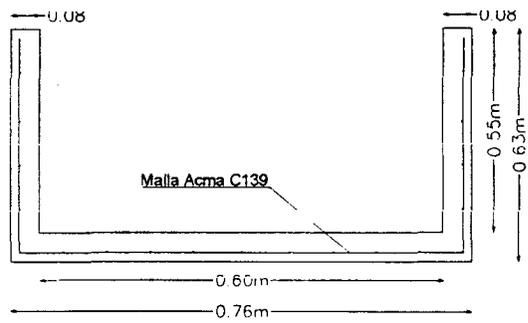
#### 4.6 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de reparto que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor sollicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{s\text{retrac}} = A_{s\text{long}} = 1.2 \text{ [cm}^2\text{/ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-139}$$

### 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-139, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres.



**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
**Ingeniero Civil**

# **“Proyecto de Revestimiento Canal Comité N°6 La Victoria”**

## **Memoria de Cálculo**

### **1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO**

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del canal Comité N°6 La Victoria.

#### **1.1 Caudal de Diseño**

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 340 [l/s] el cuál representa los derechos de los regantes a beneficiar más un porcentaje por ampliación futura del canal hacia el sector Nuevo Amanecer.

#### **1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica**

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### **1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)**

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Minimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polimeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento con un mínimo de 20 cm., lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales. Se dispone de una altura menor para aquellos casos en que se justifica su adopción.

#### **1.5 Verificaciones de Diseño**

##### **1.5.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{normal} \geq 1.10 B_{crítico}$$

##### **1.5.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Máx}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Máx} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.5.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{Mín}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Mín} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## **2. DISEÑO HIDRÁULICO**

### **2.1 Introducción**

El canal a diseñar corresponde a tres tramos de con un total de 1221.2 m. en hormigón armado. El primer tramo es de 83 m desde canoa de hormigón existente hacia aguas arriba; el segundo, desde el término de la canoa a la entrada de sifón que cruza camino vecinal, abarcando 217 m, y el tercero, desde salida del primer sifón hacia 924 m aguas abajo, hasta llegar a la entrada de un segundo sifón que cruza la línea férrea.

### **2.2 Análisis**

Al observar la topografía realizada, se aprecia que para los dos primeros tramos se dispone de una pendiente aproximada del 1 ‰, pero la canoa de hormigón presenta una contrapendiente con un desnivel entrada-salida de 5cm. El tercer tramo (salida y entrada entre sifones) también presenta la idéntica pendiente, pero con subtramos en contrapendiente.

En los períodos de riego crece en el canal el alga “cola de yegüa”, aumentando la rugosidad de las paredes ocasionando el peraltamiento de las aguas y desbordamiento a los predios vecinos. Adicionalmente, en los tramos 1 y 2, se tienen importantes filtraciones.

Por lo anterior, se diseñarán los tramos en hormigón armado de manera tal de conseguir una pendiente uniforme, mejorar la rugosidad y evitar el crecimiento de algas. Debido a que la canoa existente se encuentra en buenas condiciones, se propone el revestimiento de los tramos contiguos conservando la pendiente natural y rectificar la rasante dentro de la canoa mediante el relleno de concreto.

### 2.3 Diseño Sección Hidráulica – Tramo 3

|                                    |   |                                   |
|------------------------------------|---|-----------------------------------|
| Cota de sifón de entrada: 97.563 m | } | Cota de sifón de salida: 98.853 m |
| Longitud a revestir: 921.2 m       |   |                                   |
| Pendiente de diseño: 0.0014 [m/m]  |   |                                   |

|  |   |                             |                      |
|--|---|-----------------------------|----------------------|
| Con: $Q_{\text{diseño}} = 0.34 \text{ [m}^3/\text{s]}$ | } | $A_{\text{máx. eficienc.}}$ | $b = 0.87 \text{ m}$ |
| $i_{\text{diseño}} = 0.14 \%$                          |   |                             |                      |

Por motivos constructivos, se adopta ancho libre de sifón de entrada (1 m).

Así con  $b=1.00 \text{ m}$ .  $\rightarrow h_n=0.38 \text{ m}$ ;  $V_n=0.90 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c=0.23 \text{ m}$  y  $V_c=1.49 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude})=0.47 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.06 \text{ m} < 20 \text{ cm}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$B = 1.00 \text{ m}$                        $H = 0.60 \text{ m}$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n=0.38 \text{ m y } V_n=0.90 \text{ [m/s]} . \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.42 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.34 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.24 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=0.90 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.4 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico del tramo considerado, imponiendo la condición más desfavorable aguas abajo del tramo lo que vendrá dado por la altura máxima posible en el desbordamiento del canal, lo que corresponde a una altura de  $h_0 = 0.60\text{m}$ . Con esto, el desarrollo del eje hidráulico es el siguiente:

| Datos                       |        | Cálculos           |         |           |         |         |          |         |          |          |          |
|-----------------------------|--------|--------------------|---------|-----------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=      | 0.34   | h                  | 0.600   | 0.550     | 0.500   | 0.450   | 0.430    | 0.410   | 0.390    | 0.380    | 0.379    |
| i [m/m]=                    | 0.0014 | A                  | 0.600   | 0.550     | 0.500   | 0.450   | 0.430    | 0.410   | 0.390    | 0.380    | 0.379    |
| n=                          | 0.015  | Pm                 | 2.200   | 2.100     | 2.000   | 1.900   | 1.860    | 1.820   | 1.780    | 1.760    | 1.757    |
| B [m]=                      | 1      | Rh                 | 0.273   | 0.262     | 0.250   | 0.237   | 0.231    | 0.225   | 0.219    | 0.216    | 0.215    |
| Partición de Alturas[m]     |        | V                  | 0.567   | 0.618     | 0.680   | 0.756   | 0.791    | 0.829   | 0.872    | 0.895    | 0.898    |
| h inicial(h <sub>0</sub> )= | 0.600  | V <sup>2</sup> /2g | 0.016   | 0.019     | 0.024   | 0.029   | 0.032    | 0.035   | 0.039    | 0.041    | 0.041    |
| h1=                         | 0.550  | B                  | 0.616   | 0.569     | 0.524   | 0.479   | 0.462    | 0.445   | 0.429    | 0.421    | 0.420    |
| h2=                         | 0.500  | J                  | 0.00041 | 0.00051   | 0.00066 | 0.00088 | 0.00099  | 0.00113 | 0.00129  | 0.00139  | 0.00140  |
| h3=                         | 0.450  | Jm                 | -       | 0.00046   | 0.00059 | 0.00077 | 0.00093  | 0.00106 | 0.00121  | 0.00134  | 0.00140  |
| h4=                         | 0.430  | Jm-i               | -       | -0.0009   | -0.0008 | -0.0006 | -0.0005  | -0.0003 | -0.0002  | -0.0001  | 0.0000   |
| h5=                         | 0.410  | Bi-Bf              | -       | 0.0468858 | 0.04591 | 0.04447 | 0.017228 | 0.01681 | 0.016309 | 0.00793  | 0.001066 |
| h6=                         | 0.390  | Xi-Xf              | -       | -49.922   | -56.455 | -70.422 | -36.968  | -49.465 | -86.627  | -138.288 | -433.561 |
| h7=                         | 0.380  | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -49.92    | -106.38 | -176.80 | -213.77  | -263.23 | -349.86  | -488.15  | -921.71  |
| h8=                         | 0.379  | Km.                | 0       | -49.92    | -106.38 | -176.80 | -213.77  | -263.23 | -349.86  | -488.15  | -921.71  |

| Resultados   | h0    | h1     | h2      | h3      | h4      | h5      | h6      | h7      | h8      |
|--------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    | 0.600 | 0.550  | 0.500   | 0.450   | 0.430   | 0.410   | 0.390   | 0.380   | 0.379   |
| Distancia(m) | 0.00  | -49.92 | -106.38 | -176.80 | -213.77 | -263.23 | -349.86 | -488.15 | -921.71 |

Así, y como debiera esperarse, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h=0.38\text{ m}$  (altura normal) bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

## 2.5 Diseño Salto Salida Sifón

Al comienzo del tramo a revestir, se diseñará un salto de altura  $a=0.50\text{m}$  con relaciones teóricas y empíricas (relación de Rand), para poder adecuar el paso del flujo de la salida del sifón al revestimiento proyectado.

Así, con  $a=0.5\text{ m}$  y  $h_c=0.23$ ,  $V_c=1.49\text{ [m/s]}$

$X(t)=1.49 t\text{ [m]}$  e  $Y(t)=-9.8/2 t^2\text{ [m]}$ . Para  $Y=-0.5\text{ [m]} \rightarrow t=0.319\text{ [s]} \rightarrow X=0.48\text{ [m]}$ . Así  $X=l_c$  (Longitud de caída)

Ahora, utilizando las relaciones de Rand:

$$\frac{h'}{a} = 0.54 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{1.275} \rightarrow h' = 0.10\text{ m}$$

$$\frac{h_0}{a} = 1.16 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{0.810} \rightarrow h_0 = 0.31\text{ m}$$

Donde:

$h'$ : Altura de agua al pie de la caída

$h_0$ : Altura conjugada de resalto

Así,  $l_r = 6.9 (h_0 - h') = 6.9 * (0.31 - 0.10) = 1.45$  m (longitud del resalto)

Utilizando la fórmula de Belanger:

$$\frac{h_0}{h'} = \frac{1}{2} \cdot (\sqrt{1 + 8\mathfrak{F}'^2} - 1)$$

$$\mathfrak{F}' = \frac{V'}{\sqrt{g h'}} = 3.433 \rightarrow h_0 = 0.44 \text{ [m]} \text{ (altura resalto conjugado)}$$

Luego, utilizando la fórmula de Alamos y Gallardo:  $L_r = 18 - 20 X' \rightarrow l_r = 2.14$  [m] (longitud de resalto). Se utiliza esta última longitud, por ser la más conservadora.

Así la longitud del colchón disipador es de  $L_t = l_c + l_r = 2.62$  [m]

La longitud del colchón disipador elegido, es de  $L_t = 2.70$  [m]

Ahora, como  $h_0$  calculado de la fórmula de Belanger es mayor a la altura estimada por el eje hidráulico, el resalto será rechazado (se desplazará aguas abajo). Por lo anterior, se deberá contemplar una grada de subida al término del colchón disipador.

Ahora, con  $a = 0.60$  (altura de salto) y  $b = 0.08$  m (altura de grada), se tienen los siguientes cálculos:

$$\frac{h'}{a} = 0.54 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{1.275} \rightarrow h' = 0.10 \text{ m}$$

$$\mathfrak{F}' = \frac{V'}{\sqrt{g h'}} = 3.68 \quad \frac{h_0}{h'} = \frac{1}{2} \cdot (\sqrt{1 + 8\mathfrak{F}'^2} - 1) \rightarrow h_0 = 0.45 \text{ [m]} \text{ (altura resalto conjugado)}$$

Como  $h_0 < 0.38 + b$ , el resalto queda confinado en el colchón disipador.

Finalmente, corroboramos la longitud del colchón a construir:

$$X = l_c = 0.52 \text{ m} \quad L_r = 18 - 20 X' \rightarrow l_r = 2.23 \text{ [m]}$$

$$L_t = l_c + l_r = 2.75 \text{ [m]}$$

Luego, la longitud del colchón elegido, es de  $L_t = 2.80$  [m]

## 2.6 Diseño Sección Hidráulica – Tramos 1 y 2

Se tomará el diseño de ambos tramos con ancho igual al existente a la entrada del sifón y en canoa de hormigón. Así:

Cota de sifón en entrada: 99.332 m  
Cota inicio tramo: 99.658 m  
Longitud de diseño: 328.0 m  
Pendiente de diseño: 0.00099 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 0.34 \text{ [m}^3/\text{s]}$   
 $i_{\text{diseño}} = 0.99 \text{ ‰}$

Así con  $b=1.00 \text{ m}$ .  $\rightarrow h_n=0.43 \text{ m}$ ;  $V_n=0.79 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c=0.23 \text{ m}$  y  $V_c=1.49 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude})=0.38 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.06 \text{ m} < 20 \text{ cm}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.00\text{m} \quad H = 0.65\text{m}$$

Verificaciones:

c) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n=0.43 \text{ m y } V_n=0.79 \text{ [m/s]} . \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.46 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.34 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.35 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

d) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=0.79 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.4 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico de los tramos considerados, imponiendo la condición más desfavorable aguas abajo lo que vendrá dado por la altura máxima posible en el desbordamiento del canal, lo que corresponde a una altura de  $h_0 = 0.65\text{m}$ . Con esto, el desarrollo del eje hidráulico es el siguiente:

| Datos                          |         | Cálculos   | h0      | h1        | h2      | h3       | h4      | h5      | h6       | h7      | h8       |
|--------------------------------|---------|------------|---------|-----------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|
| Q [m3/s]=                      | 0.34    | h          | 0.650   | 0.600     | 0.550   | 0.500    | 0.530   | 0.510   | 0.500    | 0.490   | 0.484    |
| i [m/m]=                       | 0.00099 | A          | 0.650   | 0.600     | 0.550   | 0.500    | 0.530   | 0.510   | 0.500    | 0.490   | 0.484    |
| n=                             | 0.015   | Pm         | 2.300   | 2.200     | 2.100   | 2.000    | 2.060   | 2.020   | 2.000    | 1.980   | 1.968    |
| B [m]=                         | 1       | Rh         | 0.283   | 0.273     | 0.262   | 0.250    | 0.257   | 0.252   | 0.250    | 0.247   | 0.246    |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |         | V          | 0.523   | 0.567     | 0.618   | 0.680    | 0.642   | 0.667   | 0.680    | 0.694   | 0.702    |
| h inicial(h0)=                 | 0.650   | V*2/2g     | 0.014   | 0.016     | 0.019   | 0.024    | 0.021   | 0.023   | 0.024    | 0.025   | 0.025    |
| h1=                            | 0.600   | B          | 0.664   | 0.616     | 0.569   | 0.524    | 0.551   | 0.533   | 0.524    | 0.515   | 0.509    |
| h2=                            | 0.550   | J          | 0.00033 | 0.00041   | 0.00051 | 0.00066  | 0.00057 | 0.00063 | 0.00066  | 0.00070 | 0.00072  |
| h3=                            | 0.500   | Jm         | -       | 0.00037   | 0.00046 | 0.00059  | 0.00061 | 0.00060 | 0.00064  | 0.00068 | 0.00071  |
| h4=                            | 0.530   | Jm-i       | -       | -0.0006   | -0.0005 | -0.0004  | -0.0004 | -0.0004 | -0.0003  | -0.0003 | -0.0003  |
| h5=                            | 0.510   | Bi-Bf      | -       | 0.0475764 | 0.04689 | 0.045906 | -0.0274 | 0.01832 | 0.009084 | 0.00903 | 0.005387 |
| h6=                            | 0.500   | Xi-Xf      | -       | -76.764   | -88.600 | -113.873 | 72.738  | -46.531 | -26.227  | -29.019 | -19.165  |
| h7=                            | 0.490   | SUM(Xi-Xf) | 0       | -76.76    | -165.36 | -279.24  | -206.50 | -253.03 | -279.26  | -308.28 | -327.44  |
| h8=                            | 0.484   | Km.        | 0       | -76.76    | -165.36 | -279.24  | -206.50 | -253.03 | -279.26  | -308.28 | -327.44  |
| <b>Resultados</b>              |         | h0         | h1      | h2        | h3      | h4       | h5      | h6      | h7       | h8      |          |
| Altura(m)                      |         | 0.650      | 0.600   | 0.550     | 0.500   | 0.530    | 0.510   | 0.500   | 0.490    | 0.484   |          |
| Distancia(m)                   |         | 0.00       | -76.76  | -165.36   | -279.24 | -206.50  | -253.03 | -279.26 | -308.28  | -327.44 |          |

Así, al inicio del tramo revestido, se tendrá una altura  $h=0.48$  m bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

### 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Comité N°6 La Victoria. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

#### 3.1 Materiales

El hormigón a utilizar será de calidad II-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### 3.2 Bases de Cálculo

|                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Angulo de fricción interna del suelo | $\varphi=30^\circ$                 |
| Coefficiente de empuje activo        | $K_a=0.33$                         |
| Coefficiente de empuje sísmico       | $K_s=0.16$                         |
| Peso específico del suelo            | $\gamma_s=2.0$ [T/m <sup>3</sup> ] |
| Peso específico hormigón             | $\gamma_h=2.5$ [T/m <sup>3</sup> ] |

Tensiones admisibles del suelo:

$$\sigma_{\text{estático}}=1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{\text{sísmico}}=1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Armaduras

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $H$  y  $B \geq 5L$  ( $L$ : largo paño). Con ello, longitudinalmente sólo se dispondrá armadura de repartición.

#### 4.1.1 Armadura Transversal

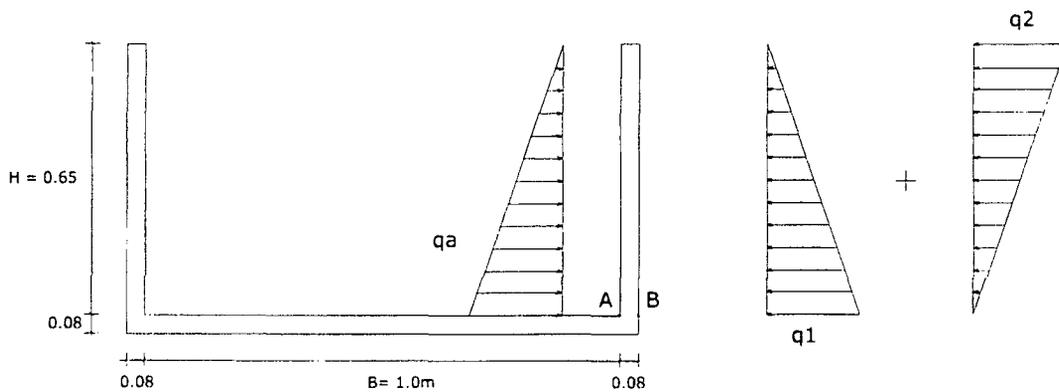
Las dimensiones del canal a calcular, son la de los tramos más desfavorables (tramos 1 y 2):

$$B = 1.00\text{m}$$

$$H = 0.65\text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.10\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes sollicitaciones:



#### Cara Interior (Punto A)

$$q_a = \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 0.65^2 / 2 = 0.211 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 1066.7 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.04577 \text{ [Tm/m]} = 4577.08 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{4577.08}{1066.7} = 4.29 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 \cdot 2.0 \cdot 0.65 = 0.429 \text{ [T/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 \cdot 0.65 = 0.104 \text{ [T/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.0448 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s_{\text{calc}}} = 0.200 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{\text{min}} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{\text{min}}} = 1.4 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s_{\text{min}}} = 0.47 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{\text{retrac}} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{\text{retrac}}} = 1.2 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s_{\text{min}}} < A_{s_{\text{retrac}}}$ , se adopta  $A_{s_{\text{diseño}}} = 1.2 \text{ [cm}^2\text{]}$

Con malla Acma C-139, se tiene  $A_{s_{\text{disponible}}} = 1.39 \text{ [cm}^2\text{/m]} > A_{s_{\text{diseño}}}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$  o 200 mm, como mínimo

### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán cada 5m, en la sección perpendicular del canal, para obtener efecto de losa en una dirección. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir.

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$$\alpha: \text{Coeficiente de dilatación térmica del hormigón} = 10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$$

$$L = \text{Logitud paño} = 5000 \text{ [mm]}$$

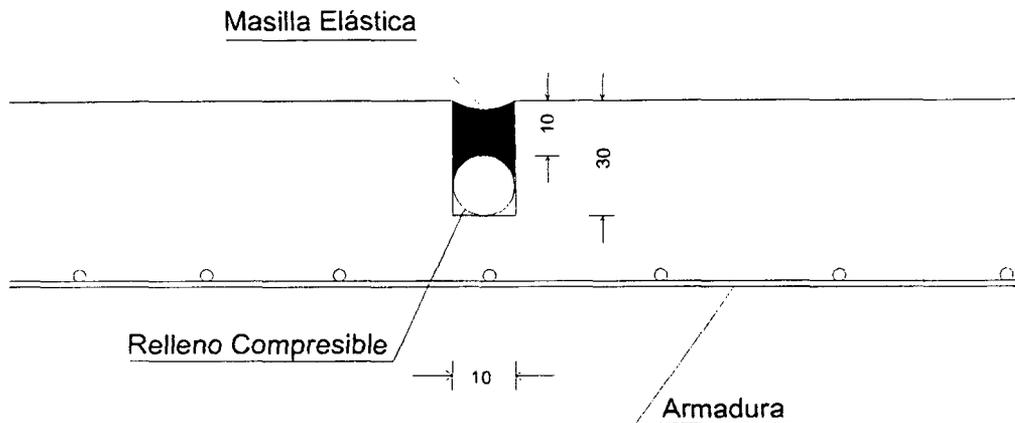
$$\Delta T = \text{Gradiente de temperatura} = 40 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$\Delta L = 2 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 25% (Sikaflex 1A plus o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 8 \text{ [mm]}$$

Se adopta:  $\text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



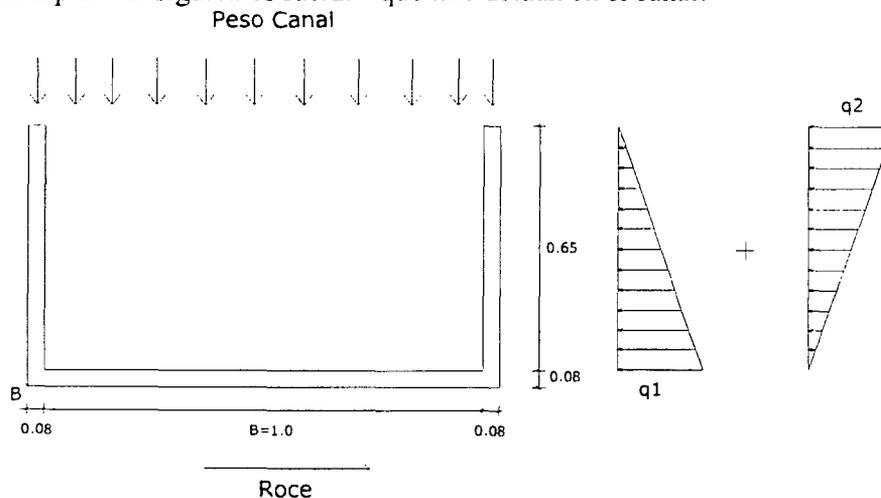
Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

### 4.3 Verificaciones

Las verificaciones se realizarán con los tramos más desfavorables (tramos 1 y 2):

#### 4.3.1 Volcamiento

Se contemplan las siguientes fuerzas que interactúan en el canal:



#### *Volcamiento*

El momento volcante, se encuentra dado por las fuerzas de empuje del suelo y sísmicas, actuando en una arista del canal (punto B figura), considerando que el canal se encuentra vacío, para tomar el caso más desfavorable. Así se tiene lo siguiente:

Fuerza suelo:  $0.33 \cdot 2 \cdot 0.73 / 2 = 0.2409$  [T/ml]

Fuerza sísmica:  $0.16 \cdot 0.73 / 2 = 0.0584$  [T/ml]

$$M_{\text{Volcante}} = 0.2409 \cdot 0.24 + 0.048 \cdot 0.49 = 0.087 \text{ [Tm/ml]}$$

El momento resistente, se encuentra dado por la acción del peso del canal, esto es:

$$M_{Resistente} = 0.472 * 0.58 = 0.2739 \text{ [Tm/ml]}$$

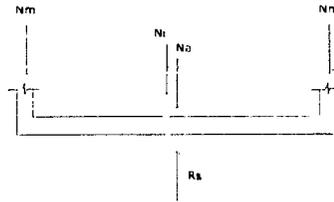
$$F.S. = \frac{M_{Resistente}}{M_{Volante}} = \frac{0.2739}{0.087} = 3.15 > 1.5 \rightarrow \text{OK}$$

#### 4.3.2 Flotación

No se realizará verificación por flotación por estar el canal diseñado en terraplén.

#### 4.3.3 Tensión máxima admisible en fundación

Se analizará para el caso desfavorable donde el canal se encuentra lleno. Luego, se tiene el siguiente caso:



Donde:

$$N_m: \text{Peso muros} = 0.26 \text{ [T/m]}$$

$$N_l: \text{Peso losa canal} = 0.232 \text{ [T/m]}$$

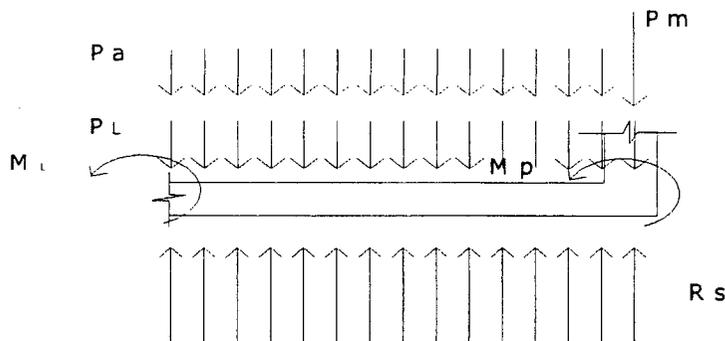
$$\sum N_i = 1.142 \text{ [T/m]}$$

$$N_a: \text{Peso agua} = 0.65 \text{ [T/m]}$$

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{1.142}{1.16} = 0.98 \text{ [T/m}^2] \rightarrow \sigma = 0.098 \text{ [kg/cm}^2] < 1.0 \text{ [kg/cm}^2] \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.4 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L (B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{pared} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

Con esto:  $M(B/2) = 0.025 \text{ [T m]} \rightarrow A_{Scalc} = 0.111 \text{ [cm}^2\text{]}.$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

#### 4.5 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

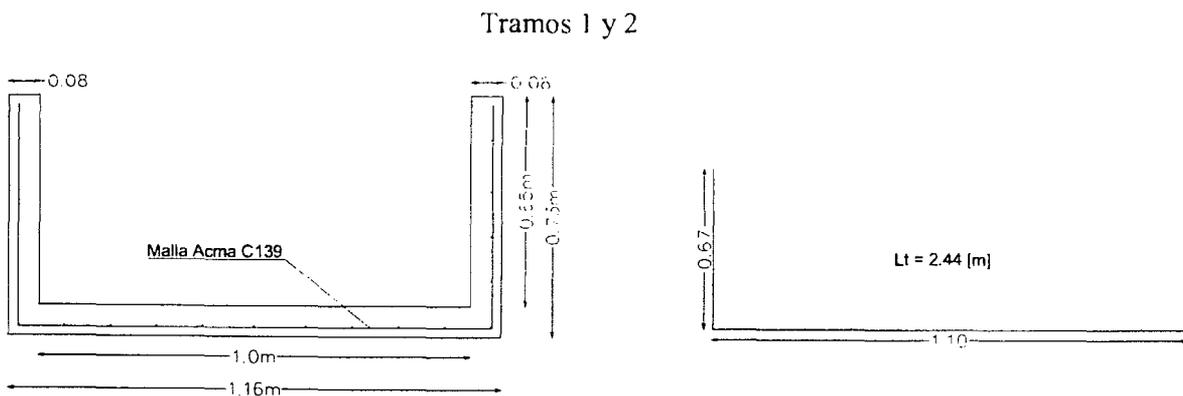
La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor sollicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{Sretrac} = A_{Slong} = 1.2 \text{ [cm}^2\text{/ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-139}$$

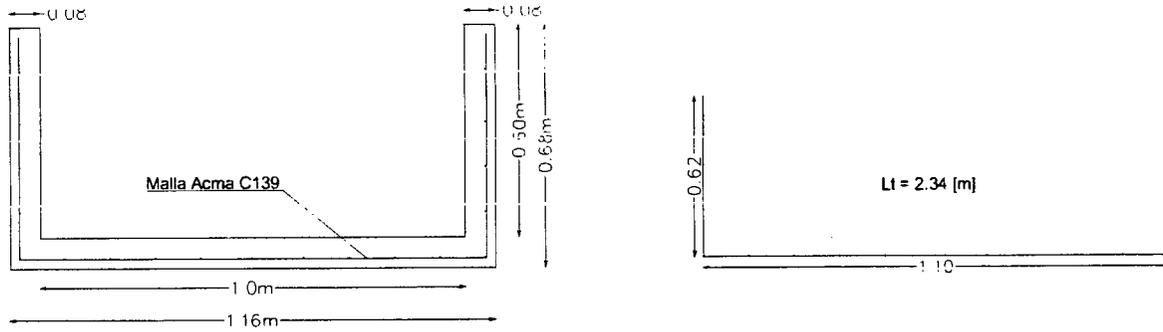
### 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir el canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma AT-56-50H tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres. Para el salto disipador, se dispondrá de la misma cuantía, debido a que las sollicitaciones existentes no son de gran magnitud. La geometría y estructuración del canal, es la siguiente:

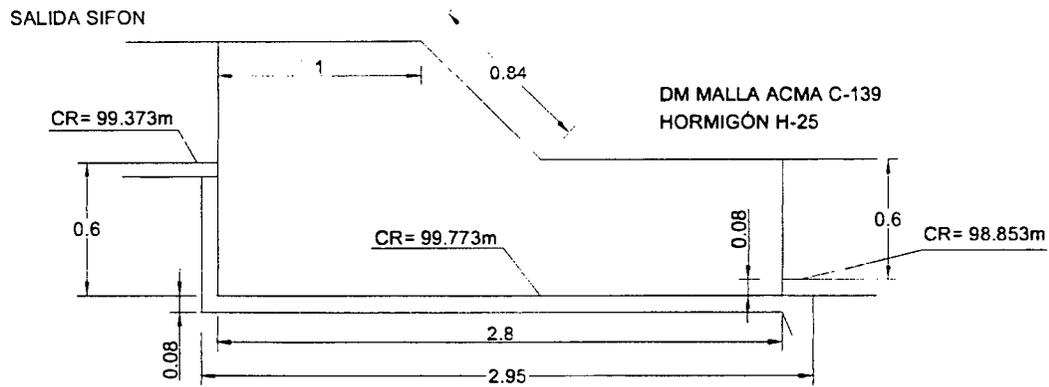
#### Canal:



Tramo 3



**Saltito:**



**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

# **“Proyecto de Revestimiento Canal Matriz, desde Puente Negro a Revestimiento Nuevo”**

## **Memoria de Cálculo**

### **1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO**

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del Canal Matriz de la Asociación de Canalistas del Laja.

#### **1.1 Caudal de Diseño**

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 39.0 [m<sup>3</sup>/s] el cuál representa los derechos de los regantes a beneficiar de la Asociación.

#### **1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica**

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### **1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)**

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Altura Crítica**

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$  = Altura crítica

$q$  = Caudal unitario

$g$  = Aceleración de gravedad

#### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### **1.6 Verificaciones de Diseño**

##### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{critico}}$$

##### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{M\acute{a}x}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{M\acute{a}x} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{M\acute{i}n}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{M\acute{i}n} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## **2. DISEÑO HIDRÁULICO**

### **2.1 Análisis**

Este tramo corresponde a 840 m que se deben reemplazar, debido a que el que se encuentra actualmente está en muy malas condiciones, incluyendo desmoronamiento en sus taludes. Por lo anterior, se proyecta el revestimiento de su sección con la misma geometría de la ya existente, comprobando la conducción mediante el desarrollo del eje hidráulico.

### **2.2 Diseño**

Longitud a revestir: 840 m

Pendiente disponible:  $i=0.0007$  [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 39$  [m<sup>3</sup>/s],  $b = 5$  m (ancho basal),  $z = 1.5$  (talud), e  $i_{\text{diseño}} = 0.7$  ‰

Se tiene:  $h_n = 2.16$  m;  $V_n = 2.20$  [m/s];  $h_c = 1.56$  m y  $V_c = 3.41$  [m/s]

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%$   $h_n = 32$  m > 20cm  $\rightarrow$   $H = h_n + \Delta y = 2.48$  m

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 5.00 \text{ m} \qquad Z = 1.5 \qquad H = 2.48 \text{ m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n = 2.16 \text{ m y } v_n = 2.20 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 2.40 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = 2.15 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.12 \geq 1.10 \rightarrow \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $v_n = 2.20$  [m/s], la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta

### **2.2.3 Eje Hidráulico**

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico del tramo considerado. Para ello, se estudiará el eje desde el inicio al término del tramo, considerando como cota de inicio la de coronamiento. Los resultados, son los siguientes:

| Datos                   |        |
|-------------------------|--------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=  | 39     |
| i [m/m]=                | 0.0007 |
| n=                      | 0.015  |
| z=                      | 1.5    |
| B [m]=                  | 5      |
| Partición de Alturas[m] |        |
| h inicial(h0)=          | 2.480  |
| h1=                     | 2.450  |
| h2=                     | 2.400  |
| h3=                     | 2.350  |
| h4=                     | 2.300  |
| h5=                     | 2.290  |
| h6=                     | 2.280  |
| h7=                     | 2.270  |
| h8=                     | 2.262  |

| Cálculos           | h0      | h1       | h2       | h3       | h4       | h5       | h6       | h7       | h8        |
|--------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| h                  | 2.480   | 2.450    | 2.400    | 2.350    | 2.300    | 2.290    | 2.280    | 2.270    | 2.262     |
| A                  | 21.626  | 21.254   | 20.640   | 20.034   | 19.435   | 19.316   | 19.198   | 19.079   | 18.985    |
| Pm                 | 13.942  | 13.834   | 13.653   | 13.473   | 13.293   | 13.257   | 13.221   | 13.185   | 13.156    |
| Rh                 | 1.551   | 1.536    | 1.512    | 1.487    | 1.462    | 1.457    | 1.452    | 1.447    | 1.443     |
| V                  | 1.803   | 1.835    | 1.890    | 1.947    | 2.007    | 2.019    | 2.032    | 2.044    | 2.054     |
| V <sup>2</sup> /2g | 0.166   | 0.172    | 0.182    | 0.193    | 0.205    | 0.208    | 0.211    | 0.213    | 0.215     |
| B                  | 2.646   | 2.622    | 2.582    | 2.543    | 2.505    | 2.498    | 2.491    | 2.483    | 2.477     |
| J                  | 0.00041 | 0.00043  | 0.00046  | 0.00050  | 0.00055  | 0.00056  | 0.00056  | 0.00057  | 0.00058   |
| Jm                 | -       | 0.00042  | 0.00045  | 0.00048  | 0.00052  | 0.00055  | 0.00056  | 0.00057  | 0.00058   |
| Jm-i               | -       | -0.0003  | -0.0003  | -0.0002  | -0.0002  | -0.0001  | -0.0001  | -0.0001  | -0.0001   |
| Bi-Bf              | -       | 0.024143 | 0.039631 | 0.038808 | 0.037903 | 0.007464 | 0.007423 | 0.007382 | 0.0058751 |
| Xi-Xf              | -       | -85.444  | -155.526 | -178.605 | -215.602 | -49.967  | -53.017  | -56.583  | -48.276   |
| SUM(Xi-Xf)         | 0       | -85.44   | -240.97  | -419.57  | -635.18  | -685.14  | -738.16  | -794.74  | -843.02   |
| Km.                | 0       | -85.44   | -240.97  | -419.57  | -635.18  | -685.14  | -738.16  | -794.74  | -843.02   |

| Resultados   | h0    | h1     | h2      | h3      | h4      | h5      | h6      | h7      | h8      |
|--------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    | 2.480 | 2.450  | 2.400   | 2.350   | 2.300   | 2.290   | 2.280   | 2.270   | 2.262   |
| Distancia(m) | 0.00  | -85.44 | -240.97 | -419.57 | -635.18 | -685.14 | -738.16 | -794.74 | -843.02 |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h = 2.26\text{m}$  bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

### 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Matriz. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

#### 3.1 Materiales

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia  $5000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

#### 3.2 Bases de Cálculo

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Peso específico del suelo            | $\gamma_s = 2.0 \text{ [T/m}^3\text{]}$ |
| Angulo de fricción interna del suelo | $\phi = 30^\circ$                       |
| Coefficiente de empuje activo        | $K_a = 0.047$                           |
| Coefficiente de empuje sísmico       | $K_s = 0.035$                           |
| Peso específico hormigón             | $\gamma_h = 2.5 \text{ [T/m}^3\text{]}$ |

Tensiones admisibles del suelo:

$$\sigma_{\text{estático}} = 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{\text{sísmico}} = 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Generalidades

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección. Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

#### 4.1.1 Armadura Transversal Muros

Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

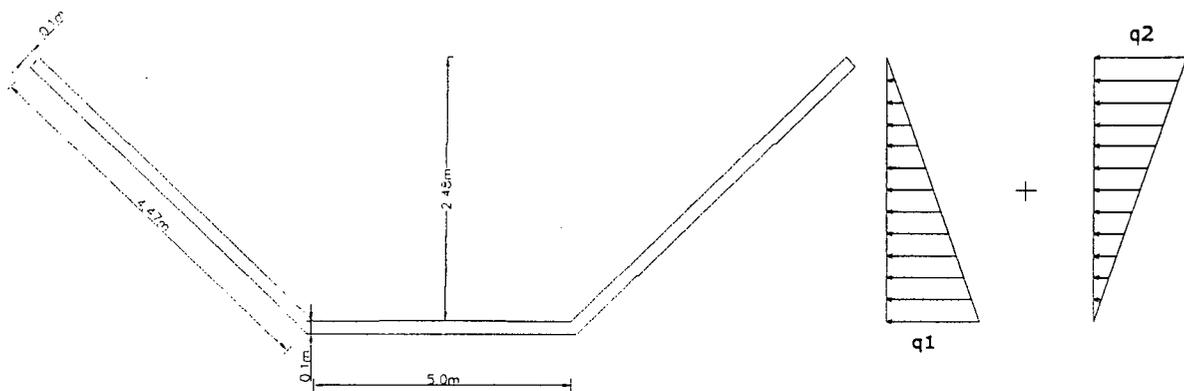
$$B = 5.00\text{m}$$

$$H = 2.48\text{m}$$

$$Z = 1.5$$

$$\text{Espesor} = 0.10\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos y empuje del suelo, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



$$q1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.047 \cdot 2.0 \cdot 2.48 = 0.233 \text{ [T/m/m]}$$

$$q2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.035 \cdot 2.48 = 0.0868 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.41692 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{S_{\text{calc}}} = 1.61 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{\text{min}} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{S_{\text{min}}} = 1.68 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{\text{máx}} = 12.1 \text{ ‰} \rightarrow A_{S_{\text{retrac}}} = 7.25 \text{ [cm}^2\text{]}$
3.  $\rho_{\text{retrac}} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{S_{\text{retrac}}} = 1.51 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{S_{\text{min}}} > A_{S_{\text{retrac}}}$ , se adopta  $A_{S_{\text{diseño}}} = 1.68 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-188, se tiene  $A_{S_{\text{disponible}}} = 1.88 \text{ [cm}^2\text{/m]}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño. Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$  con mínimo 200 mm.

## 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en toda la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación térmica del hormigón =  $10^{-5}$  [mm/°C]

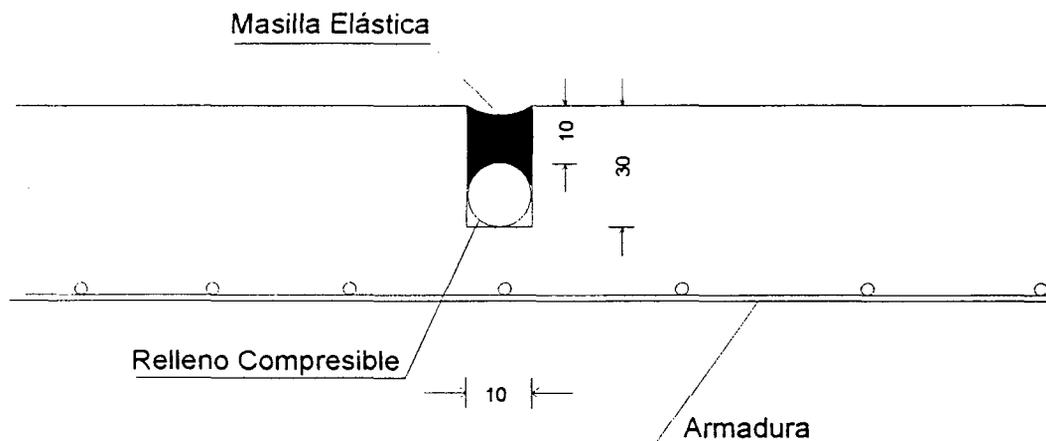
L = Longitud paño = 4000 [mm]

$\Delta T$  = Gradiente de temperatura = 40 [°C]

$\Delta L = 1.6$  [mm]. Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 5.3 \approx 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

## 4.3 Verificaciones

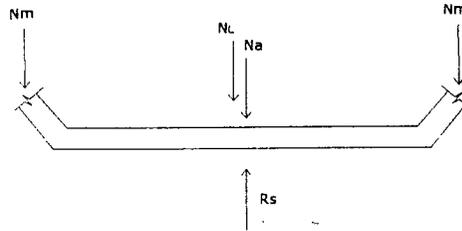
### 4.3.1 Volcamiento, deslizamiento y flotación

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en relleno. Para el caso de la flotación, no se considera realizar su verificación, debido a que el terreno donde va excavado el canal es de arena gruesa a fina limosa de compacidad media, lo que conlleva a una permeabilidad natural de tipo media a alta.

A lo anterior, se adiciona la existencia de tramos revestidos del canal sin sistema de drenaje, los que no han tenido problema alguno.

#### 4.4 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$  : Peso muro = 2.24 [T/m]

$N_L$  : Peso losa canal = 1.25 [T/m]

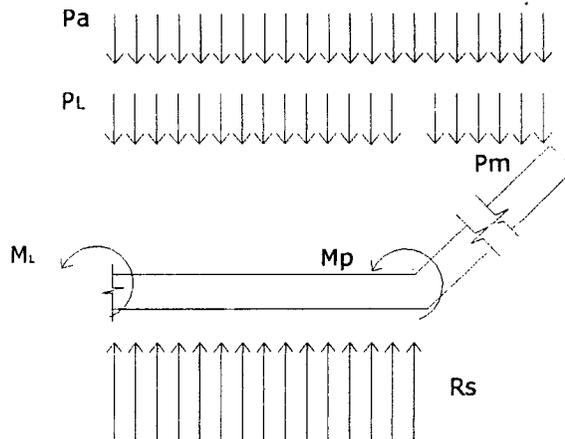
$$\sum N_i = 25.12 \text{ [T/m]}$$

$N_a$  : Peso agua = 21.63 [T/m]

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2l} = 2.02 \text{ [T/m}^2] \rightarrow \sigma = 0.202 \text{ [kg/cm}^2] < 1.0 \text{ [kg/cm}^2] \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.5 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$M_L (B/2) = 0.348526 \text{ [T m]}$ , con esto:  $A_{S_{calc}} = 1.33 \text{ [cm}^2]$ .

Así, se deberá utilizar malla Acma C188 con  $A_{S_{disponible}} = 1.88 \text{ [cm}^2/\text{m}]$

#### 4.6 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor solicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{retrac}} = A_{S_{long}} = 1.8 \text{ [cm}^2/\text{ml}] \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-188}$$

## **5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL**

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-188, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres. Dimensiones y detalles en planos de proyecto.

---

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
**Ingeniero Civil**

# “Proyecto de Revestimiento Canal Comité N°7 La Victoria”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del canal Comité N°7.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 110 [l/s] el cuál representa los derechos de los regantes a beneficiar, más un diez por ciento.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

Tabla 1: *Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)*

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Minimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polimeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### 1.4 Altura Crítica

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$ = Altura crítica

$q$ = Caudal unitario

$g$ = Aceleración de gravedad

#### 1.5 Revancha

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### 1.6 Verificaciones de Diseño

##### 1.6.1 Bernoulli

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{normal} \geq 1.10 B_{critico}$$

##### 1.6.2 Velocidad Máxima

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{M\acute{a}x}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{M\acute{a}x} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### 1.6.3 Velocidad Mínima

Las velocidades mínimas ( $V_{M\acute{i}n}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{M\acute{i}n} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

El tramo a diseñar corresponde a unos 300m de canal, desde la naciente en marco partididor hacia aguas abajo. El tramo presenta desbordamiento a los predios vecinos, causando anegamiento en las cosechas. Por lo anterior, se propone su revestimiento en hormigón armado para encausar el flujo y disminuir la pérdida de los derechos.

### 2.2 Diseño Sección Hidráulica

Longitud a revestir: 294.5 m  
Cota Radier de Entrada: 149.90 [m]  
Pendiente de diseño: 0.0011 [m/m]      {      Cota Radier de Salida: 149.57 [m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 110 \text{ [l/s]} = 0.11 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $i_{\text{diseño}} = 1.1 \text{ ‰}$

Para canal rectangular con  $b = 0.70\text{m}$  (mismo ancho de tramo revestido), se tiene:

$h_n = 0.25 \text{ m}$ ;  $V_n = 0.62 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.14 \text{ m}$  y  $V_c = 1.13 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude}) = 0.39 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.05 \text{ m} \rightarrow$  tomando 20cm de revancha:  
 $H = h + \Delta y = 0.45\text{m}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 0.70\text{m} \qquad H = 0.50\text{m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.25 \text{ m y } V_n = 0.62 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.27 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = 0.20 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.17 \geq 1.10 \qquad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 0.62 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### 2.3 Eje Hidráulico

A continuación se desarrolla el eje hidráulico del tramo a intervenir. Se toma como condición desfavorable el desbordamiento al término del tramo aguas abajo ( $h_0 = 0.50$  m). Así:

| Datos                          |        | Cálculos   |         |           |         |          |         |         |         |         |         |
|--------------------------------|--------|------------|---------|-----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                |        | h0         | h1      | h2        | h3      | h4       | h5      | h6      | h7      | h8      |         |
| Q [m <sup>3</sup> /s]=         | 0.11   | 0.500      | 0.450   | 0.400     | 0.350   | 0.340    | 0.320   | 0.300   | 0.295   | 0.290   |         |
| i [m/m]=                       | 0.0011 | A          | 0.350   | 0.315     | 0.280   | 0.245    | 0.238   | 0.224   | 0.210   | 0.207   | 0.203   |
| n=                             | 0.015  | Pm         | 1.700   | 1.600     | 1.500   | 1.400    | 1.380   | 1.340   | 1.300   | 1.290   | 1.280   |
| B [m]=                         | 0.7    | Rh         | 0.206   | 0.197     | 0.187   | 0.175    | 0.172   | 0.167   | 0.162   | 0.160   | 0.159   |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |        | V          | 0.314   | 0.349     | 0.393   | 0.449    | 0.462   | 0.491   | 0.524   | 0.533   | 0.542   |
| h inicial(h0)=                 | 0.500  | V*2/2g     | 0.005   | 0.006     | 0.008   | 0.010    | 0.011   | 0.012   | 0.014   | 0.014   | 0.015   |
| h1=                            | 0.450  | B          | 0.505   | 0.456     | 0.408   | 0.360    | 0.351   | 0.332   | 0.314   | 0.309   | 0.305   |
| h2=                            | 0.400  | J          | 0.00018 | 0.00024   | 0.00033 | 0.00046  | 0.00050 | 0.00059 | 0.00070 | 0.00073 | 0.00077 |
| h3=                            | 0.350  | Jm         | -       | 0.00021   | 0.00028 | 0.00039  | 0.00048 | 0.00054 | 0.00065 | 0.00072 | 0.00075 |
| h4=                            | 0.340  | Jm-i       | -       | -0.0009   | -0.0008 | -0.0007  | -0.0006 | -0.0006 | -0.0005 | -0.0004 | -0.0003 |
| h5=                            | 0.320  | Bi-Bf      | -       | 0.0488179 | 0.04835 | 0.047589 | 0.00939 | 0.0186  | 0.0183  | 0.00452 | 0.0045  |
| h6=                            | 0.300  | Xi-Xf      | -       | -54.925   | -59.143 | -67.449  | -15.188 | -33.501 | -40.272 | -11.840 | -12.924 |
| h7=                            | 0.295  | SUM(Xi-Xf) | 0       | -54.92    | -114.07 | -181.52  | -196.71 | -230.21 | -270.48 | -282.32 | -295.24 |
| h8=                            | 0.290  | Km.        | 0       | -54.92    | -114.07 | -181.52  | -196.71 | -230.21 | -270.48 | -282.32 | -295.24 |

| Resultados   | h0    | h1     | h2      | h3      | h4      | h5      | h6      | h7      | h8      |
|--------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    | 0.500 | 0.450  | 0.400   | 0.350   | 0.340   | 0.320   | 0.300   | 0.295   | 0.290   |
| Distancia(m) | 0.00  | -54.92 | -114.07 | -181.52 | -196.71 | -230.21 | -270.48 | -282.32 | -295.24 |

Por, lo tanto, se tendrá altura menor a la de coronamiento, tendiendo a su condición de escurrimiento normal.

### 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal ramal Comité N°7. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

#### 3.1 Materiales

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### 3.2 Bases de Cálculo

Peso específico del suelo

$$\gamma_s = 2.0 \text{ [T/m}^3\text{]}$$

Angulo de fricción interna del suelo

$$\phi = 30^\circ$$

Coefficiente de empuje activo

$$K_a = 0.33$$

Coefficiente de empuje sísmico

$$K_s = 0.16$$

Peso específico hormigón

$$\gamma_h = 2.5 \text{ [T/m}^3\text{]}$$

Tensiones admisibles del suelo:

$$\sigma_{\text{estático}} = 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{\text{sísmico}} = 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Generalidades

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $L > 2H$  y  $2B$  (L:largo paño). Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

#### 4.1.1 Armadura Transversal Muros

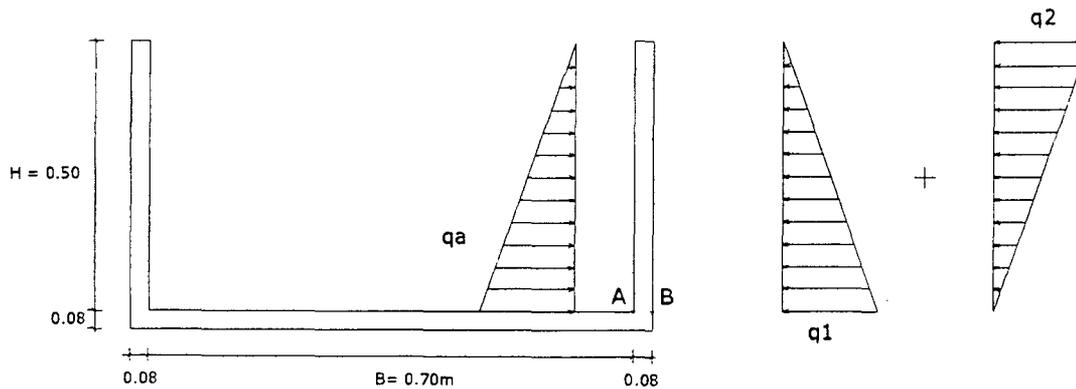
Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B = 0.70\text{m}$$

$$H = 0.50\text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.08\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



#### Cara Interior (Punto A)

$$q_a: \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 0.5^2 / 2 = 0.125 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 1066.7 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.021 \text{ [Tm/m]} = 2100 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{2100}{1066.7} = 1.97 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 \cdot 2.0 \cdot 0.5 = 0.33 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 \cdot 0.5 = 0.08 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.02 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s_{\text{calc}}} = 0.09 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{\text{min}} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{\text{min}}} = 1.4 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s_{\text{min}}} = 0.47 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{\text{retrac}} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{\text{retrac}}} = 1.2 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s_{\text{min}}} < A_{s_{\text{retrac}}}$ , se adopta  $A_{s_{\text{diseño}}} = 1.2 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-139, se tiene  $A_{s_{\text{disponible}}} = 1.39 \text{ [cm}^2\text{/m]}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$

### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$$\alpha: \text{Coeficiente de dilatación térmica del hormigón} = 10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$$

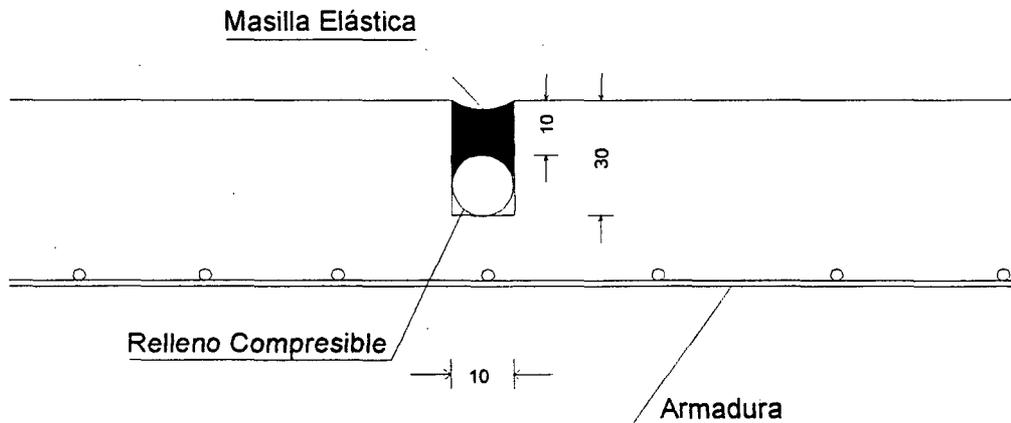
$$L = \text{Logitud paño} = 10000 \text{ [mm]}$$

$$\Delta T = \text{Gradiente de temperatura} = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$\Delta L = 3 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

### 4.3 Verificaciones

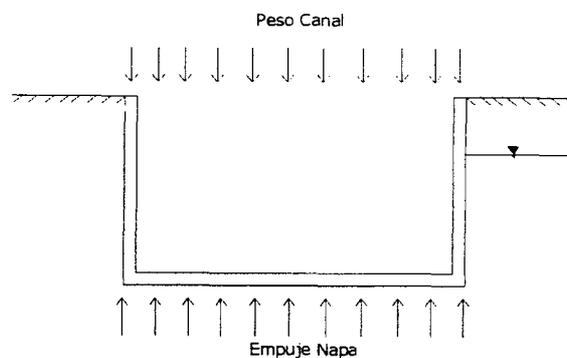
#### 4.3.1 Volcamiento y deslizamiento

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en corte.

#### 4.3.2 Flotación

Debido a que el terreno natural no tiene las mismas condiciones que el relleno compactado, el efecto de la presión de poros es menor. Por lo anterior, se considerará como caso más desfavorable, que la altura de la napa llega a lo más al 40% de la altura útil del canal.

El caso es el siguiente:



Donde:

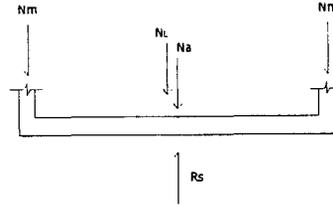
$$\text{Peso Canal} = e \cdot \gamma_H \cdot (B + 2e) + 2 \cdot e \cdot H \cdot \gamma_H = 0.372 \text{ [T/m]}$$

$$\text{Empuje Napa} = 0.4 \cdot (h + e) \cdot \gamma_o \cdot (B + 2e) = 0.199 \text{ [T/m]}$$

Como  $\text{Peso Canal} \geq \text{Empuje Napa}$ , no se necesita mecanismo para disminuir subpresiones.

#### 4.4 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$ : Peso muros = 0.20 [T/m]

$N_L$ : Peso losa canal = 0.172 [T/m]

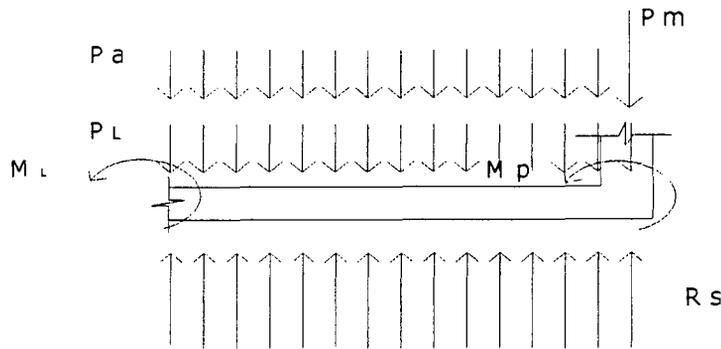
$$\sum N_i = 0.722 \text{ [T/m]}$$

$N_a$ : Peso agua = 0.35 [T/m]

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{0.722}{0.86} = 0.84 \text{ [T/m}^2] \rightarrow \sigma = 0.08 \text{ [kg/cm}^2] < 1.0 \text{ [kg/cm}^2] \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.5 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L(B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{pared} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

$$\text{Con esto: } M(B/2) = 0.011 \text{ [T m]} \rightarrow A_{s\text{calc}} = 0.01 \text{ [cm}^2\text{]}.$$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

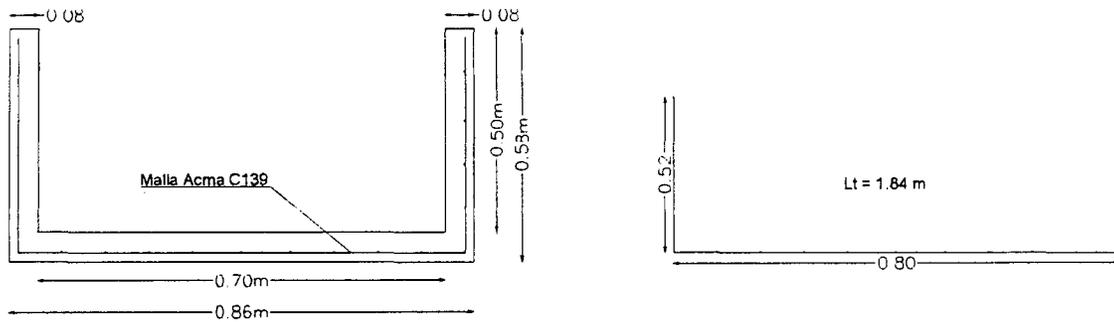
#### 4.6 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de reparto que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor solicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{s\text{retrac}} = A_{s\text{long}} = 1.2 \text{ [cm}^2\text{/ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-139}$$

## 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-139, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres.



---

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

# “Proyecto de Revestimiento Canal Candelaria”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del Canal Candelaria.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 642.15 [l/s] el cuál representa los derechos de los 11 regantes a beneficiar, que suman en total 42.81 regadores de 15 [l/s] cada uno.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

- Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]
- A: Arca mojada [m<sup>2</sup>]
- R: Radio Hidráulico [m]
- i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]
- n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

Tabla 1: *Coefficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)*

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Altura Crítica**

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$ = Altura crítica

$q$ = Caudal unitario

$g$ = Aceleración de gravedad

#### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### **1.6 Verificaciones de Diseño**

##### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{crítico}}$$

##### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{M\acute{a}x}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{M\acute{a}x} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{M\acute{i}n}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{M\acute{i}n} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Introducción

El proyecto contempla tres tramos, los cuales se detallan a continuación:

- Tramo 1: Desde calle M. Rodríguez a Motel Alfíl.
- Tramo 2: Desde alcantarilla calle O'Higgins a puente Los Ciegos
- Tramo 3: Desde puente Los Ciegos a descarga estero Paillihue

### 2.2 Diseño Hidráulico Tramo 1

#### 2.2.1 Análisis

Al observar la topografía realizada, se observa que para el primer tramo existen sectores en contrapendiente. El revestimiento enlazará alcantarilla existente aguas abajo del tramo a revestir en calle M. Rodríguez, hasta llegar a la salida de alcantarilla existente en motel Alfíl.

#### 2.2.2 Diseño

Cota radier de salida: 97.509 m  
Cota radier de entrada: 97.811 m  
Longitud a revestir: 302 m

} Pendiente disponible:  $i=0.001$  [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 642.15$  [l/s]  $\approx 0.643$  [m<sup>3</sup>/s],  $b = 1.4$ m, e  $i_{\text{diseño}} = 0.10$  %

Se tiene:  $h_n = 0.50$  m;  $V_n = 0.92$  [m/s];  $h_c = 0.28$  m y  $V_c = 1.65$  [m/s]

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\% h_n = 0.08$  m  $\rightarrow H = h_n + \Delta y = 0.58$  m

Se opta por revancha 20cm

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.40 \text{ m} \quad H = 0.70 \text{ m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n = 0.50 \text{ m y } v_n = 0.92 \text{ [m/s]}. \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.543 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = \frac{3}{2} \cdot h_c = 0.420 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.29 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $v_n = 0.92$  [m/s], la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta

### 2.2.3 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico del tramo considerado, imponiendo la condición más desfavorable aguas abajo del tramo lo que vendrá dado por la altura máxima posible en el desbordamiento del canal, lo que corresponde a una altura de  $h_0 = 0.70\text{m}$ . Con esto, el desarrollo del eje hidráulico es el siguiente:

| Cálculos   | h0      | h1        | h2      | h3      | h4      | h5      | h6      | h7      | h8      |
|------------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| h          | 0.700   | 0.650     | 0.600   | 0.590   | 0.580   | 0.570   | 0.560   | 0.555   | 0.554   |
| A          | 0.980   | 0.910     | 0.840   | 0.826   | 0.812   | 0.798   | 0.784   | 0.777   | 0.776   |
| Pm         | 2.800   | 2.700     | 2.600   | 2.580   | 2.560   | 2.540   | 2.520   | 2.510   | 2.508   |
| Rh         | 0.350   | 0.337     | 0.323   | 0.320   | 0.317   | 0.314   | 0.311   | 0.310   | 0.309   |
| V          | 0.656   | 0.707     | 0.765   | 0.778   | 0.792   | 0.806   | 0.820   | 0.828   | 0.829   |
| $V^2/2g$   | 0.022   | 0.025     | 0.030   | 0.031   | 0.032   | 0.033   | 0.034   | 0.035   | 0.035   |
| B          | 0.722   | 0.675     | 0.630   | 0.621   | 0.612   | 0.603   | 0.594   | 0.590   | 0.589   |
| J          | 0.00039 | 0.00048   | 0.00059 | 0.00062 | 0.00065 | 0.00068 | 0.00072 | 0.00074 | 0.00074 |
| Jm         | -       | 0.00044   | 0.00054 | 0.00061 | 0.00064 | 0.00067 | 0.00070 | 0.00073 | 0.00074 |
| Jm-i       | -       | -0.0006   | -0.0005 | -0.0004 | -0.0004 | -0.0003 | -0.0003 | -0.0003 | -0.0003 |
| Bi-Bf      | -       | 0.0464909 | 0.04558 | 0.00898 | 0.00892 | 0.00887 | 0.00881 | 0.00438 | 0.00087 |
| Xi-Xf      | -       | -82.405   | -98.403 | -22.939 | -24.612 | -26.718 | -29.448 | -16.032 | -3.330  |
| SUM(Xi-Xf) | 0       | -82.40    | -180.81 | -203.75 | -228.36 | -255.08 | -284.53 | -300.56 | -303.89 |
| Km.        | 0       | -82.40    | -180.81 | -203.75 | -228.36 | -255.08 | -284.53 | -300.56 | -303.89 |

| Resultados   | h0    | h1     | h2      | h3      | h4      | h5      | h6      | h7      | h8      |
|--------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    | 0.700 | 0.650  | 0.600   | 0.590   | 0.580   | 0.570   | 0.560   | 0.555   | 0.554   |
| Distancia(m) | 0.00  | -82.40 | -180.81 | -203.75 | -228.36 | -255.08 | -284.53 | -300.56 | -303.89 |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h=0.55\text{m}$  bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

## 2.3 Diseño Hidráulico Tramo 2

### 2.3.1 Análisis

El tramo considerado es desde alcantarilla O'Higgins a puente Los Ciegos. Dentro del sector se encuentra un sifón que atraviesa un pasaje a 20m antes del término del tramo. El sifón se encuentra con problemas de carga hidráulica, ya que a la salida existe una transición que al final tiene una cota de radier mayor a la entrada del sifón. Todo ello hace que el sifón en la actualidad funcione de manera deficiente, por lo que se propone el aumento de la cota de entrada del sifón, para mejorar la carga hidráulica, dado que se dispone de aproximadamente 1.5m de diferencia de altura entre la salida de puente Los Ciegos y el radier de entrada del sifón, a lo que se suma que en dicho puente (alcantarilla) no presenta radier de fondo, con lo que se puede bajar la entrada del tramo.

### 2.3.2 Diseño

#### *Diseño tramo M. Rodríguez a salida sifón*

Este tramo presenta contrapendiente, por lo que se propone aumentar la cota de entrada. Al enlazarnos con la cota de radier de la alcantarilla de calle M. O'Higgins, se tiene lo siguiente:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Cota radier de salida: } 97.961 \text{ m} \\ \text{Cota radier de entrada: } 97.991 \text{ m} \\ \text{Longitud a revestir: } 25 \text{ m} \end{array} \right\} \text{Pendiente disponible: } i=0.0012 \text{ [m/m]}$$

$$\text{Con: } Q_{\text{diseño}} = 0.643 \text{ [m}^3/\text{s]}, b = 1.4 \text{ m, e } i_{\text{diseño}} = 0.12 \text{ \%}$$

$$\text{Se tiene: } h_n = 0.47 \text{ m; } V_n = 0.99 \text{ [m/s]; } h_c = 0.28 \text{ m y } V_c = 1.65 \text{ [m/s]}$$

$$\text{Adicionando revancha: } \Delta y = 15\%h = 0.07 \text{ m} \rightarrow H = h + \Delta y = 0.54 \text{ m}$$

Se opta por revancha 20cm

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.40 \text{ m} \quad H = 0.70 \text{ m}$$

Verificaciones:

c) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n = 0.47 \text{ m y } v_n = 0.99 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.52 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = \frac{3}{2} \cdot h_c = 0.42 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.24 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

d) Velocidades:

Según resultados,  $v_n = 0.99 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta

### 2.3.2 Diseño

#### *Diseño tramo M. Rodríguez a salida sifón*

Este tramo presenta contrapendiente, por lo que se propone aumentar la cota de entrada. Al enlazarlos con la cota de radier de la alcantarilla de calle M. O'Higgins, se tiene lo siguiente:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Cota radier de salida: } 97.961 \text{ m} \\ \text{Cota radier de entrada: } 97.991 \text{ m} \\ \text{Longitud a revestir: } 25 \text{ m} \end{array} \right\} \text{Pendiente disponible: } i=0.0012 \text{ [m/m]}$$

$$\text{Con: } Q_{\text{diseño}} = 0.643 \text{ [m}^3/\text{s]}, b = 1.4 \text{ m, e } i_{\text{diseño}} = 0.12 \text{ ‰}$$

$$\text{Se tiene: } h_n = 0.47 \text{ m; } V_n = 0.99 \text{ [m/s]; } h_c = 0.28 \text{ m y } V_c = 1.65 \text{ [m/s]}$$

$$\text{Adicionando revancha: } \Delta y = 15\%h = 0.07 \text{ m} \rightarrow H = h + \Delta y = 0.54 \text{ m}$$

Se opta por revancha 20cm

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.40 \text{ m} \quad H = 0.70 \text{ m}$$

Verificaciones:

c) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n = 0.47 \text{ m y } v_n = 0.99 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.52 \text{ m}$$

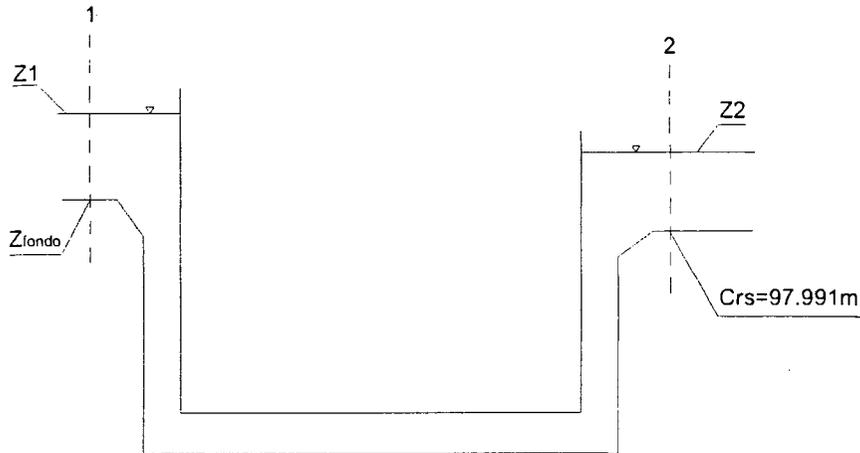
$$B_{\text{crítico}} = \frac{3}{2} \cdot h_c = 0.42 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.24 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

d) Velocidades:

Según resultados,  $v_n = 0.99 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta

### Diseño tramo entrada sifón a salida puente Los Ciegos

Se diseñará este tramo contemplado la carga necesaria para el adecuado funcionamiento del sifón existente. Esquemáticamente, se tiene lo siguiente:



Aplicando conservación de energía entre 1 y 2, se tiene:

$$H_2 = H_1 - \Omega_T$$

Donde:

$H_1$  = Carga hidráulica de la sección 1 [m]

$H_2$  = Carga hidráulica de la sección 2 [m]

$\Omega_T$  = Pérdidas de carga totales del sifón [m]

Las pérdidas totales ( $\Omega_T$ ), vienen dadas por la suma de las pérdidas regulares ( $\Omega_r$ ) y las singulares ( $\Omega_s$ ). Analizando cada una de ellas, se tiene lo siguiente:

#### a. Pérdidas regulares

Se considera la relación de Hazen-Williams:

$$\Omega_r = L \cdot \frac{10.675}{C^{1.852}} \cdot \frac{Q^{1.852}}{D^{4.8704}}$$

#### b. Pérdidas singulares

Se encuentran dadas por la siguiente relación:

$$\Omega_s = K_T \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde  $K_T$  es la suma de todas las pérdidas singulares consideradas, esto es:

b.1 Entrada: Pérdida de carga debido al paso de un flujo de contorno abierto a uno cerrado

$$K_e = 0.5$$

b.2 Codos: Pérdida de carga debido al cambio de dirección del flujo

$$K_c = 0.5$$

b.3 Salida: Pérdida de carga debido al paso de un flujo de contorno cerrado a uno abierto

$$K_s=1.0$$

Se analizará para dos casos, con el 100% $Q_d$  y 50%  $Q_d$ :

**Cálculo para 100% $Q_d$ :**

Dentro del sifón se tiene una tubería de c.c. (cemento comprimido) de 80cm de diámetro. El coeficiente de rugosidad C, se disminuyó en un 10% del valor entregado por el fabricante (C=120, tubería nueva) a C=108, para reflejar el aumento de rugosidad debido al paso de los años. Así, se tienen los siguientes valores:

$Q=Q_d=0.643$  [m<sup>3</sup>/s]; L=23.6m; D=0.8m y C=108. Luego:

$$\Omega_r=0.057 \text{ m}$$

Para el cálculo de las pérdidas regulares, se tiene lo siguiente:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.643}{0.503} = 1.28 \text{ [m/s]}, \text{ con } K_T=2.5 \rightarrow \Omega_s=0.2085 \text{ m}$$

$$\text{Luego, } \Omega_T=0.057+0.2085= 0.2655 \text{ m}$$

Aplicando C.E., se tiene:

$$Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - 0.2655$$

Tomando en la sección 2, escurrimiento normal:  $h_n=0.47$  m;  $V_n=0.99$  [m/s]  $\rightarrow H_2= 98.51$  m

$$98.51 = Z_1 + \frac{Q^2}{2gb^2(Z_1 - Z_{Fondo})^2} - 0.2655$$

Con  $Z_{Fondo}=98.241$  m;  $b=1.40$  m, e iterando, se obtiene el siguiente valor de  $Z_1$ :

$$Z_1= 98.731 \text{ m}$$

Así, la altura de agua en la sección 1 ( $h_1$ ) es de:

$$h_1 = Z_1 - Z_{Fondo} = 98.731 - 98.241 = 0.49 \text{ m}$$

**Cálculo para 50% $Q_d$ :**

$Q=50\%Q_d=0.3215$  [m<sup>3</sup>/s]; L=23.6m; D=0.8m y C=108. Luego:

$$\Omega_r=0.0157 \text{ m}$$

Para el cálculo de las pérdidas regulares, se tiene lo siguiente:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.3215}{0.503} = 0.64 \text{ [m/s]}, \text{ con } K_T=2.5 \rightarrow \Omega_s=0.052 \text{ m}$$

$$\text{Luego, } \Omega_T= 0.0677 \text{ m}$$

Desarrollando con C.E., y con  $Z_{Fondo}=98.241$  m, se tiene:

$Z_1 = 98.551$  m, así, la altura de agua al inicio del sifón para un caudal  $50\%Q_d$  es:

$$h_1 = 98.551 - 98.241 = 0.31 \text{ m}$$

### **Diseño revestimiento**

Se tienen los siguientes valores:

|                                  |   |                                    |
|----------------------------------|---|------------------------------------|
| Cota radier de salida: 98.241 m  | } | Cota radier de entrada: 98.718 [m] |
| Longitud a revestir: 476.2 m     |   |                                    |
| Pendiente de diseño: 0.001 [m/m] |   |                                    |

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 0.643$  [m<sup>3</sup>/s],  $b = 1.4$  m, e  $i_{\text{diseño}} = 0.10$  ‰

Se tiene:  $h_n = 0.50$  m;  $V_n = 0.92$  [m/s];  $h_c = 0.28$  m y  $V_c = 1.65$  [m/s]

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.08$  m  $\rightarrow H = h + \Delta y = 0.58$  m

Se opta por revancha 20cm

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.40 \text{ m} \quad H = 0.70 \text{ m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n = 0.50 \text{ m y } v_n = 0.92 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.543 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = \frac{3}{2} \cdot h_c = 0.420 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.29 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $v_n = 0.92$  [m/s], la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta

### **2.3.3 Eje Hidráulico**

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico del tramo considerado, imponiendo la condición más desfavorable aguas abajo del tramo lo que vendrá dado por la altura máxima posible en el desbordamiento del canal, lo que corresponde a una altura de  $h_0 = 0.70$  m. Con esto, el desarrollo del eje hidráulico es el siguiente:

| Datos                          |       | Cálculos           |         |           |         |          |         |         |         |         |         |
|--------------------------------|-------|--------------------|---------|-----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                |       | h0                 | h1      | h2        | h3      | h4       | h5      | h6      | h7      | h8      |         |
| Q [m <sup>3</sup> /s]=         | 0.643 | h                  | 0.700   | 0.650     | 0.600   | 0.550    | 0.540   | 0.530   | 0.520   | 0.519   | 0.518   |
| i [m/m]=                       | 0.001 | A                  | 0.980   | 0.910     | 0.840   | 0.770    | 0.756   | 0.742   | 0.728   | 0.727   | 0.725   |
| n=                             | 0.015 | Pm                 | 2.800   | 2.700     | 2.600   | 2.500    | 2.480   | 2.460   | 2.440   | 2.438   | 2.436   |
| B [m]=                         | 1.4   | Rh                 | 0.350   | 0.337     | 0.323   | 0.308    | 0.305   | 0.302   | 0.298   | 0.298   | 0.298   |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |       | V                  | 0.656   | 0.707     | 0.765   | 0.835    | 0.851   | 0.867   | 0.883   | 0.885   | 0.887   |
| h inicial(h0)=                 | 0.700 | V <sup>2</sup> /2g | 0.022   | 0.025     | 0.030   | 0.036    | 0.037   | 0.038   | 0.040   | 0.040   | 0.040   |
| h1=                            | 0.650 | B                  | 0.722   | 0.675     | 0.630   | 0.586    | 0.577   | 0.568   | 0.560   | 0.559   | 0.558   |
| h2=                            | 0.600 | J                  | 0.00039 | 0.00048   | 0.00059 | 0.00075  | 0.00079 | 0.00084 | 0.00088 | 0.00089 | 0.00089 |
| h3=                            | 0.550 | Jm                 | -       | 0.00044   | 0.00054 | 0.00067  | 0.00077 | 0.00081 | 0.00086 | 0.00088 | 0.00089 |
| h4=                            | 0.540 | Jm-i               | -       | -0.0006   | -0.0005 | -0.0003  | -0.0002 | -0.0002 | -0.0001 | -0.0001 | -0.0001 |
| h5=                            | 0.530 | Bi-Bf              | -       | 0.0464909 | 0.04558 | 0.04432  | 0.00867 | 0.00859 | 0.00851 | 0.0085  | 0.0085  |
| h6=                            | 0.520 | Xi-Xf              | -       | -82.405   | -98.403 | -136.158 | -38.336 | -46.285 | -59.883 | -7.220  | -7.515  |
| h7=                            | 0.519 | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -82.40    | -180.81 | -316.97  | -355.30 | -401.59 | -461.47 | -468.69 | -476.20 |
| h8=                            | 0.518 | Km.                | 0       | -82.40    | -180.81 | -316.97  | -355.30 | -401.59 | -461.47 | -468.69 | -476.20 |
| <b>Resultados</b>              |       | h0                 | h1      | h2        | h3      | h4       | h5      | h6      | h7      | h8      |         |
| Altura(m)                      |       | 0.700              | 0.650   | 0.600     | 0.550   | 0.540    | 0.530   | 0.520   | 0.519   | 0.518   |         |
| Distancia(m)                   |       | 0.00               | -82.40  | -180.81   | -316.97 | -355.30  | -401.59 | -461.47 | -468.69 | -476.20 |         |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h=0.52\text{m}$  bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

## 2.4 Diseño Hidráulico Tramo 3

### 2.4.1 Análisis

El revestimiento enlazará desde el radier de la descarga del canal al estero Paillihue a la entrada de la alcantarilla en el puente Los Ciegos existente aguas abajo del tramo a revestir. El tramo presenta irregularidades por el embancamiento en su fondo, presentando inclusive contrapendiente en ciertos sectores.

### 2.4.2 Diseño

Cota radier de entrada: 99.267 m  
 Longitud a revestir: 475.0 m  
 Pendiente de diseño: 0.001 [m/m]

} Cota radier de salida: 98.792 [m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 0.643 \text{ [m}^3/\text{s]}$ ,  $b = 1.4\text{m}$ , e  $i_{\text{diseño}} = 0.10 \%$

Se tiene:  $h_n = 0.50 \text{ m}$ ;  $V_n = 0.92 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.28 \text{ m}$  y  $V_c = 1.65 \text{ [m/s]}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\% h_n = 0.08 \text{ m} \rightarrow H = h_n + \Delta y = 0.58 \text{ m}$

Se opta por revancha 20cm

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$B = 1.40 \text{ m}$        $H = 0.70 \text{ m}$

Verificaciones:

c) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n=0.50 \text{ m y } v_n=0.92 \text{ [m/s]}. \rightarrow B_{\text{normal}}= 0.543 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = \frac{3}{2} \cdot h_c = 0.420 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.29 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

f) Velocidades:

Según resultados,  $v_n=0.92$  [m/s], la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### 2.4.3 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico del tramo considerado, imponiendo la condición más desfavorable aguas abajo del tramo lo que vendrá dado por la altura máxima posible en el desbordamiento del canal, lo que corresponde a una altura de  $h_0= 0.70\text{m}$ . Con esto, el desarrollo del eje hidráulico es el siguiente:

| Datos                          |       | Cálculos           |         |           |         |          |         |         |         |         |         |
|--------------------------------|-------|--------------------|---------|-----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                |       | h0                 | h1      | h2        | h3      | h4       | h5      | h6      | h7      | h8      |         |
| Q [m3/s]=                      | 0.643 | h                  | 0.700   | 0.650     | 0.600   | 0.550    | 0.540   | 0.530   | 0.520   | 0.519   | 0.519   |
| i [m/m]=                       | 0.001 | A                  | 0.980   | 0.910     | 0.840   | 0.770    | 0.756   | 0.742   | 0.728   | 0.727   | 0.726   |
| n=                             | 0.015 | Pm                 | 2.800   | 2.700     | 2.600   | 2.500    | 2.480   | 2.460   | 2.440   | 2.438   | 2.437   |
| B [m]=                         | 1.4   | Rh                 | 0.350   | 0.337     | 0.323   | 0.308    | 0.305   | 0.302   | 0.298   | 0.298   | 0.298   |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |       | V                  | 0.656   | 0.707     | 0.765   | 0.835    | 0.851   | 0.867   | 0.883   | 0.885   | 0.886   |
| h inicial(h0)=                 | 0.700 | V <sup>2</sup> /2g | 0.022   | 0.025     | 0.030   | 0.036    | 0.037   | 0.038   | 0.040   | 0.040   | 0.040   |
| h1=                            | 0.650 | B                  | 0.722   | 0.675     | 0.630   | 0.586    | 0.577   | 0.568   | 0.560   | 0.559   | 0.559   |
| h2=                            | 0.600 | J                  | 0.00039 | 0.00048   | 0.00059 | 0.00075  | 0.00079 | 0.00084 | 0.00088 | 0.00089 | 0.00089 |
| h3=                            | 0.550 | Jm                 | -       | 0.00044   | 0.00054 | 0.00067  | 0.00077 | 0.00081 | 0.00086 | 0.00088 | 0.00089 |
| h4=                            | 0.540 | Jm-i               | -       | -0.0006   | -0.0005 | -0.0003  | -0.0002 | -0.0002 | -0.0001 | -0.0001 | -0.0001 |
| h5=                            | 0.530 | Bi-Bf              | -       | 0.0464909 | 0.04558 | 0.04432  | 0.00867 | 0.00859 | 0.00851 | 0.00085 | 0.00042 |
| h6=                            | 0.520 | Xi-Xf              | -       | -82.405   | -98.403 | -136.158 | -38.336 | -46.285 | -59.883 | -7.220  | -3.719  |
| h7=                            | 0.519 | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -82.40    | -180.81 | -316.97  | -355.30 | -401.59 | -461.47 | -468.69 | -472.41 |
| h8=                            | 0.519 | Km.                | 0       | -82.40    | -180.81 | -316.97  | -355.30 | -401.59 | -461.47 | -468.69 | -472.41 |
| <b>Resultados</b>              |       | h0                 | h1      | h2        | h3      | h4       | h5      | h6      | h7      | h8      |         |
| Altura(m)                      |       | 0.700              | 0.650   | 0.600     | 0.550   | 0.540    | 0.530   | 0.520   | 0.519   | 0.519   |         |
| Distancia(m)                   |       | 0.00               | -82.40  | -180.81   | -316.97 | -355.30  | -401.59 | -461.47 | -468.69 | -472.41 |         |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h=0.52\text{m}$  bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

## 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Candelaria. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

### 3.1 Materiales

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

### 3.2 Bases de Cálculo

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Peso específico del suelo            | $\gamma_s = 2.0 \text{ [T/m}^3\text{]}$ |
| Angulo de fricción interna del suelo | $\phi = 30^\circ$                       |
| Coefficiente de empuje activo        | $K_a = 0.33$                            |
| Coefficiente de empuje sísmico       | $K_s = 0.16$                            |
| Peso específico hormigón             | $\gamma_h = 2.5 \text{ [T/m}^3\text{]}$ |

Tensiones admisibles del suelo:

$$\sigma_{\text{estático}} = 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$
$$\sigma_{\text{sísmico}} = 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Generalidades

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $L > 2H$  y  $2B$  (L: largo paño). Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

#### 4.1.1 Armadura Transversal Muros

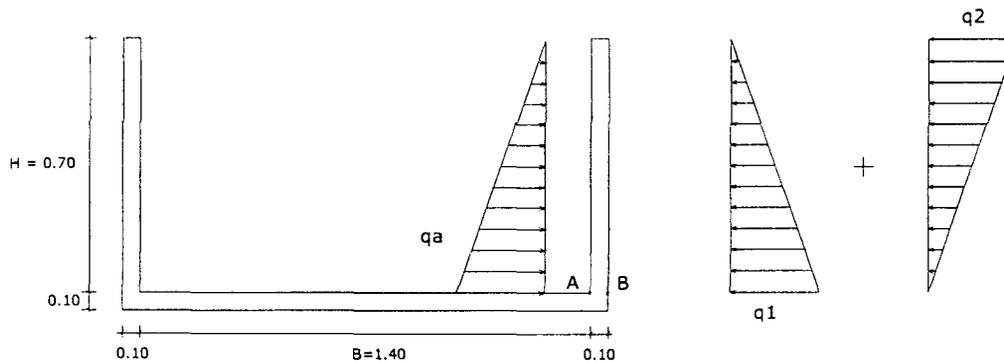
Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B = 1.40\text{m}$$

$$H = 0.70\text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.10\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



#### Cara Interior (Punto A)

$$q_a: \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 0.7^2 / 2 = 0.245 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 1666.7 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.0572 \text{ [Tm/m]} = 5716.67 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{5716.67}{1666.7} = 3.43 \text{ [Kg/ cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/ cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 \cdot 2.0 \cdot 0.7 = 0.462 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 \cdot 0.7 = 0.112 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.0561 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s_{calc}} = 0.179 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{min} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{min}} = 1.96 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s_{min}} = 0.653 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{retrac} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{retrac}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s_{min}} < A_{s_{retrac}}$ , se adopta  $A_{s_{diseño}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-188, se tiene  $A_{s_{disponible}} = 1.88 \text{ [cm}^2\text{/m]} > A_{s_{diseño}}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$

### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$$\alpha: \text{Coeficiente de dilatación térmica del hormigón} = 10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$$

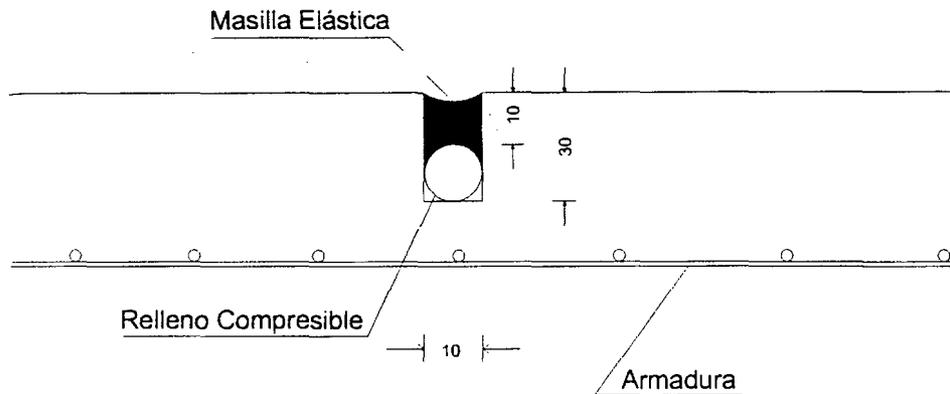
$$L = \text{Logitud paño} = 10000 \text{ [mm]}$$

$$\Delta T = \text{Gradiente de temperatura} = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$\Delta L = 3 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex IA o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

### 4.3 Verificaciones

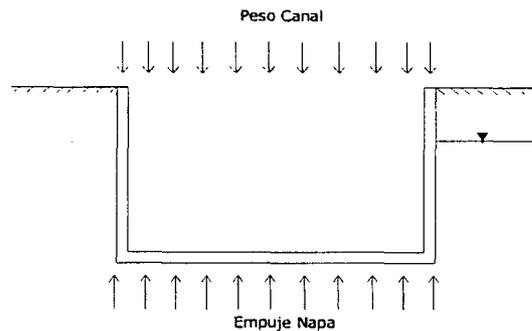
#### 4.3.1 Volcamiento y deslizamiento

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en relleno.

#### 4.3.2 Flotación

Para el caso de la flotación, al observar la topografía realizada, se puede observar que el canal se encuentra en la ladera sur con un desnivel de aproximadamente 4m, por lo que el nivel freático no alcanzará el borde del canal. A esto último se adiciona que el terreno natural no tiene las mismas condiciones que el relleno compactado, por lo tanto el efecto de la presión de poros es menor. Por lo anterior, se considerará como caso más desfavorable, que la altura de la napa llega a lo más al 40% de la altura útil del canal.

El caso es el siguiente:



Donde:

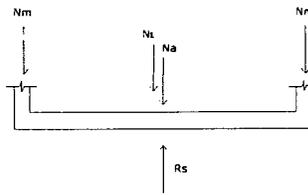
$$\text{Peso Canal} = e \cdot \gamma_H \cdot (B + 2e) + 2 \cdot e \cdot H \cdot \gamma_H = 0.750 \text{ [T/m]}$$

$$\text{Empuje Napa} = (h + e) \cdot \gamma_a \cdot (B + 2e) = 0.608 \text{ [T/m]}$$

Como  $\text{Peso Canal} \geq \text{Empuje Napa}$ , no se necesita mecanismo para disminuir subpresiones.

#### 4.4 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$$N_m: \text{Peso muro} = 0.35 \text{ [T/m]}$$

$$N_L: \text{Peso losa canal} = 0.4 \text{ [T/m]}$$

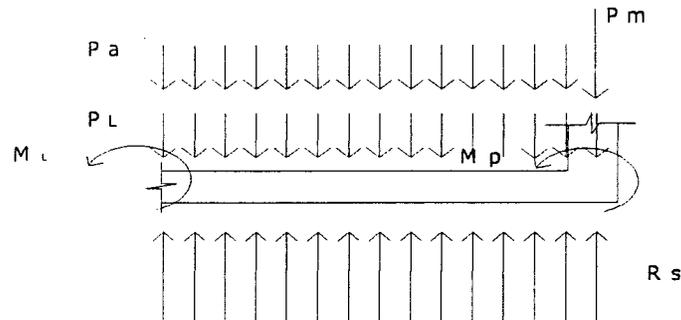
$$\sum N_i = 1.45 \text{ [T/m]}$$

$$N_a: \text{Peso agua} = 0.7 \text{ [T/m]}$$

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{1.45}{1.6} = 0.91 \text{ [T/m}^2] \rightarrow \sigma = 0.091 \text{ [kg/cm}^2] < 1.0 \text{ [kg/cm}^2] \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.5 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L (B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{\text{pared}} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

$$\text{Con esto: } M(B/2) = 0.03545 \text{ [T m]} \rightarrow A_{S_{\text{calc}}} = 0.113 \text{ [cm}^2].$$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

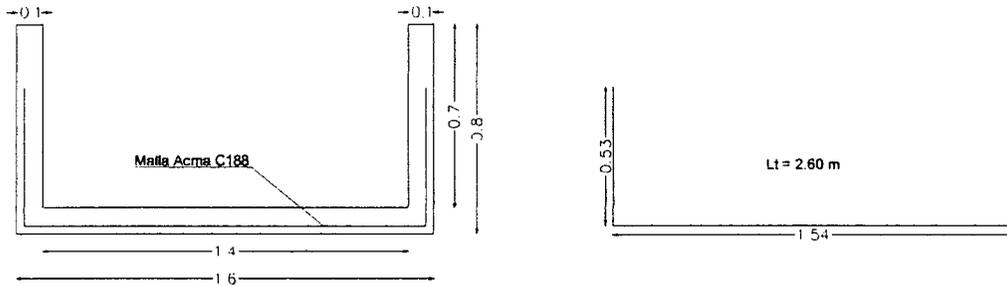
#### 4.6 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor sollicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{retrac}} = A_{S_{long}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-188}$$

### 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-188, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres.



---

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

# “Proyecto de Revestimiento Canal Matriz”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del Canal Matriz de la Asociación de Canalistas del Laja.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 13.0 [m<sup>3</sup>/s] el cuál representa los derechos de los regantes a beneficiar de la Asociación.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

*Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)*

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### 1.4 Altura Crítica

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$  = Altura crítica

$q$  = Caudal unitario

$g$  = Aceleración de gravedad

#### 1.5 Revancha

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### 1.6 Verificaciones de Diseño

##### 1.6.1 Bernoulli

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{normal} \geq 1.10 B_{crítico}$$

##### 1.6.2 Velocidad Máxima

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Már}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Már} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### 1.6.3 Velocidad Mínima

Las velocidades mínimas ( $V_{Min}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Min} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

### 2.2.3 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico del tramo considerado. Para ello, se estudiará el eje desde el tramo revestido aguas abajo de la canoa Humenco (ver planos de proyecto). Con lo anterior, se obtienen los siguientes subtramos a analizar:

- Transición aguas abajo de la canoa
- Canoa Humenco
- Transición aguas arriba de canoa
- Revestimiento existente aguas arriba de transición.

#### a. Transición aguas abajo de la canoa

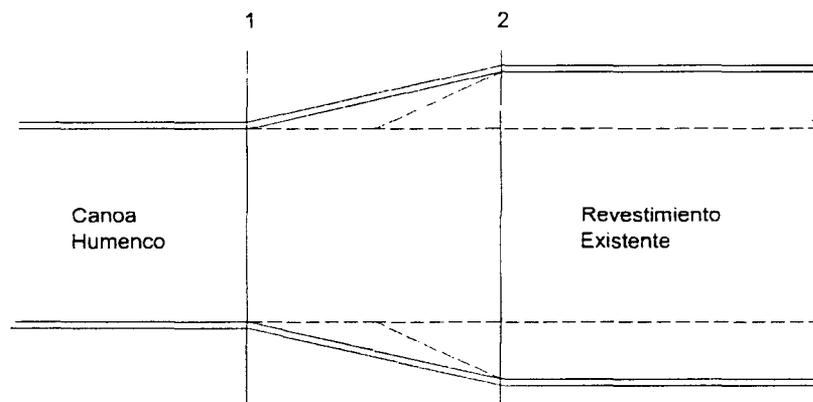


Figura 1

Al observar la figura 1, y despreciando las pérdidas de energía, se obtiene:

$$B_1 = B_2$$
$$h_1 + \frac{Q^2}{2g \cdot b_1^2 h_1^2} = B_2$$

Considerando altura normal en al inicio del revestimiento existente (con  $B=3\text{m}$ ;  $Z=1$ ;  $i=0.9\%$ ), se tiene  $B_2=1.694$  [m Kg/Kg]

Reemplazando  $Q=Q_{\text{diseño}}=13$  [m<sup>3</sup>/s],  $b_1=3.10$  m, e iterando, las tres raíces no son reales (sin solución). Por lo anterior, se tendrá crisis en la sección 1.

$$h_1 = h_{\text{crítica}} = 1.21 \text{ m}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Introducción

El sector se divide en cuatro tramos, de los cuales los tramos uno y dos, corresponden a los que se diseñarán. Los tramos se detallan a continuación:

- Tramo 1: Desde Km. 0.140 a 0.760 (inicio rev. proyectado a inicio canoa Agua Fria)
- Tramo 2: Desde Km. 0.760 a 0.798 (canoa Agua Fria)
- Tramo 3: Desde Km. 0.798 a 0.837 (inicio a fin revestimiento existente)
- Tramo 4: Desde Km. 0.837 a 2.251 (inicio a fin revestimiento proyectado)

### 2.2 Diseño Hidráulico Tramo 4

#### 2.2.1 Análisis

Este tramo posee malas condiciones de conducción de las aguas, ya que presenta irregularidades y mala pendiente en algunos sectores. Por lo anterior se dispondrá revestirlo, utilizando para ello la misma sección trapezoidal de los tramos ya revestidos en el sector.

#### 2.2.2 Diseño

Cota radier de salida: 195.25 m  
Cota radier de entrada: 195.96 m  
Longitud a revestir: 1414.38 m

} Pendiente disponible:  $i=0.000502$  [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 13$  [m<sup>3</sup>/s],  $b = 2$  m (ancho basal),  $z = 1.5$  (talud),  $c_{\text{idiseño}} = 0.5$  ‰

Se tiene:  $h_n = 1.83$  m;  $V_n = 1.50$  [m/s];  $h_c = 1.21$  m y  $V_c = 2.83$  [m/s]

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%$   $h_n = 0.27$  m > 20cm  $\rightarrow H = h_n + \Delta y = 2.10$  m

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 2.00 \text{ m} \quad Z = 1.5 \quad H = 2.10 \text{ m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n = 1.83 \text{ m y } v_n = 1.50 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 1.94 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 1.61 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.20 \geq 1.10 \rightarrow \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $v_n = 1.50$  [m/s], la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta

### b. Canoa Humenco

Desarrollando el eje hidráulico, con altura de inicio  $h = 1.21$  m, se obtiene lo siguiente:

| Datos                   |        | Cálculos           |         |           |          |          |          |          |          |          |          |
|-------------------------|--------|--------------------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                         |        | h0                 | h1      | h2        | h3       | h4       | h5       | h6       | h7       | h8       |          |
| Q [m <sup>3</sup> /s]=  | 13     | h                  | 1.210   | 1.250     | 1.300    | 1.400    | 1.450    | 1.470    | 1.500    | 1.520    | 1.522    |
| i [m/m]=                | 0.0014 | A                  | 3.751   | 3.875     | 4.030    | 4.340    | 4.495    | 4.557    | 4.650    | 4.712    | 4.718    |
| n=                      | 0.015  | Pm                 | 5.520   | 5.600     | 5.700    | 5.900    | 6.000    | 6.040    | 6.100    | 6.140    | 6.144    |
| B [m]=                  | 3.1    | Rh                 | 0.680   | 0.692     | 0.707    | 0.736    | 0.749    | 0.754    | 0.762    | 0.767    | 0.768    |
| Partición de Alturas[m] |        | V                  | 3.466   | 3.355     | 3.226    | 2.995    | 2.892    | 2.853    | 2.796    | 2.759    | 2.755    |
| h inicial(h0)=          | 1.210  | V <sup>2</sup> /2g | 0.613   | 0.574     | 0.531    | 0.458    | 0.427    | 0.415    | 0.399    | 0.388    | 0.387    |
| h1=                     | 1.250  | B                  | 1.823   | 1.824     | 1.831    | 1.858    | 1.877    | 1.885    | 1.899    | 1.908    | 1.909    |
| h2=                     | 1.300  | J                  | 0.00452 | 0.00414   | 0.00372  | 0.00304  | 0.00277  | 0.00267  | 0.00253  | 0.00244  | 0.00243  |
| h3=                     | 1.400  | Jm                 | -       | 0.00433   | 0.00393  | 0.00338  | 0.00290  | 0.00272  | 0.00260  | 0.00248  | 0.00243  |
| h4=                     | 1.450  | Jm-i               | -       | 0.0029    | 0.0025   | 0.0020   | 0.0015   | 0.0013   | 0.0012   | 0.0011   | 0.0010   |
| h5=                     | 1.470  | B-Bf               | -       | -0.001407 | -0.00668 | -0.02686 | -0.01897 | -0.00847 | -0.01356 | -0.00958 | -0.00098 |
| h6=                     | 1.500  | Xi-Xf              | -       | -0.480    | -2.642   | -13.577  | -12.623  | -6.434   | -11.339  | -8.854   | -0.949   |
| h7=                     | 1.520  | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -0.48     | -3.12    | -16.70   | -29.32   | -35.76   | -47.09   | -55.95   | -56.90   |
| h8=                     | 1.522  | Km                 | 0       | -0.48     | -3.12    | -16.70   | -29.32   | -35.76   | -47.09   | -55.95   | -56.90   |

| Resultados   | h0    | h1    | h2    | h3     | h4     | h5     | h6     | h7     | h8     |
|--------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Altura(m)    | 1.210 | 1.250 | 1.300 | 1.400  | 1.450  | 1.470  | 1.500  | 1.520  | 1.522  |
| Distancia(m) | 0.00  | -0.48 | -3.12 | -16.70 | -29.32 | -35.76 | -47.09 | -55.95 | -56.90 |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h = 1.52$  m bajo las condiciones descritas.

### c. Transición aguas arriba de canoa

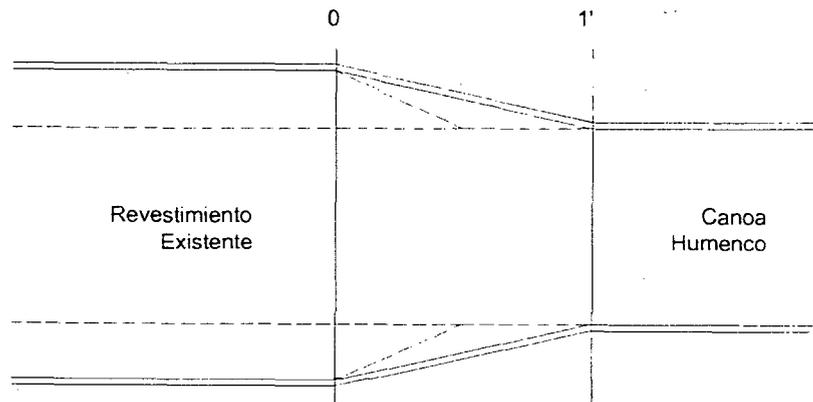


Figura 2

Al observar la figura 2, y despreciando las pérdidas de energía, se obtiene:

$$B_0 = B_1$$

$$h_0 + \frac{Q^2}{2g \cdot [h(b_0 + zh_0)]^2} = B_1$$

Considerando la energía calculada anteriormente al inicio de la canoa ( $B_1 = 1.909$  [m Kg/Kg]) y reemplazando  $Q = Q_{\text{diseño}} = 13$  [m<sup>3</sup>/s],  $b_0 = 2.0$ ,  $z = 1.5$  m, e iterando, se obtiene:

$$h_0 = 1.785 \text{ m}$$

**d. Revestimiento existente aguas arriba de transición.**

Se desarrollará el eje hidráulico para el revestimiento ya existente aguas arriba de la canoa Humenco, tomando como valor inicial, la altura calculada:  $h = 1.79$  m. Con lo anterior, se obtiene lo siguiente:

| Datos                       |        | Cálculos           |                |                |                |          |
|-----------------------------|--------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=      | 13     | h <sub>0</sub>     | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> | h <sub>3</sub> |          |
| i [m/m]=                    | 0.0008 | h                  | 1.785          | 1.783          | 1.780          | 1.776    |
| n=                          | 0.015  | A                  | 8.349          | 8.335          | 8.313          | 8.283    |
| z=                          | 1.5    | Pm                 | 8.436          | 8.429          | 8.418          | 8.403    |
| B [m]=                      | 2      | Rh                 | 0.990          | 0.989          | 0.987          | 0.986    |
| Partición de Alturas[m]     |        | V                  | 1.557          | 1.560          | 1.564          | 1.569    |
| h inicial(h <sub>0</sub> )= | 1.785  | V <sup>2</sup> /2g | 0.124          | 0.124          | 0.125          | 0.126    |
| h <sub>1</sub> =            | 1.783  | B                  | 1.909          | 1.907          | 1.905          | 1.902    |
| h <sub>2</sub> =            | 1.780  | J                  | 0.00055        | 0.00056        | 0.00056        | 0.00056  |
| h <sub>3</sub> =            | 1.776  | Jm                 | -              | 0.00055        | 0.00056        | 0.00056  |
|                             |        | Jm-i               | -              | -0.0002        | -0.0002        | -0.0002  |
|                             |        | Bi-Bf              | -              | 0.001563       | 0.00234        | 0.003115 |
|                             |        | Xi-Xf              | -              | -6.363         | -9.659         | -13.102  |
|                             |        | SUM(Xi-Xf)         | 0              | -6.36          | -16.02         | -29.12   |
|                             |        | Km.                | 0              | -6.36          | -16.02         | -29.12   |

| Resultados   |  | h <sub>0</sub> | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> | h <sub>3</sub> |
|--------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Altura(m)    |  | 1.785          | 1.783          | 1.780          | 1.776          |
| Distancia(m) |  | 0.00           | -6.36          | -16.02         | -29.12         |

Finalmente, al inicio del tramo diseñado, se tendrá una altura  $h = 1.78$  m.

**Eje Hidráulico Tramo 4**

Con el razonamiento planteado y valores obtenidos, el desarrollo del eje hidráulico para el tramo 4 es el siguiente:

| Datos                       |        | Cálculos           |                |                |                |                |                |                |                |                |           |
|-----------------------------|--------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=      | 13     | h <sub>0</sub>     | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> | h <sub>3</sub> | h <sub>4</sub> | h <sub>5</sub> | h <sub>6</sub> | h <sub>7</sub> | h <sub>8</sub> |           |
| i [m/m]=                    | 0.0005 | h                  | 1.776          | 1.780          | 1.785          | 1.790          | 1.800          | 1.810          | 1.820          | 1.821          | 1.822     |
| n=                          | 0.015  | A                  | 8.283          | 8.313          | 8.349          | 8.386          | 8.460          | 8.534          | 8.609          | 8.616          | 8.625     |
| z=                          | 1.5    | Pm                 | 8.403          | 8.418          | 8.436          | 8.454          | 8.490          | 8.526          | 8.562          | 8.566          | 8.570     |
| B [m]=                      | 2      | Rh                 | 0.986          | 0.987          | 0.990          | 0.992          | 0.996          | 1.001          | 1.005          | 1.006          | 1.006     |
| Partición de Alturas[m]     |        | V                  | 1.569          | 1.564          | 1.557          | 1.550          | 1.537          | 1.523          | 1.510          | 1.509          | 1.507     |
| h inicial(h <sub>0</sub> )= | 1.776  | V <sup>2</sup> /2g | 0.126          | 0.125          | 0.124          | 0.123          | 0.120          | 0.118          | 0.116          | 0.116          | 0.116     |
| h <sub>1</sub> =            | 1.780  | B                  | 1.902          | 1.905          | 1.909          | 1.913          | 1.920          | 1.928          | 1.936          | 1.937          | 1.938     |
| h <sub>2</sub> =            | 1.785  | J                  | 0.00056        | 0.00056        | 0.00055        | 0.00055        | 0.00053        | 0.00052        | 0.00051        | 0.00051        | 0.00051   |
| h <sub>3</sub> =            | 1.790  | Jm                 | -              | 0.00056        | 0.00056        | 0.00055        | 0.00054        | 0.00053        | 0.00052        | 0.00051        | 0.00051   |
| h <sub>4</sub> =            | 1.800  | Jm-i               | -              | 0.0001         | 0.0001         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000    |
| h <sub>5</sub> =            | 1.810  | Bi-Bf              | -              | -0.00311       | -0.0039        | -0.003916      | -0.007869      | -0.00792       | -0.007961      | -0.0008        | -0.000959 |
| h <sub>6</sub> =            | 1.820  | Xi-Xf              | -              | -50.011        | -69.333        | -78.694        | -195.941       | -286.630       | -516.220       | -90.553        | -127.529  |
| h <sub>7</sub> =            | 1.821  | SUM(Xi-Xf)         | 0              | -50.01         | -119.34        | -198.04        | -393.98        | -680.61        | -1196.83       | -1287.38       | -1414.91  |
| h <sub>8</sub> =            | 1.822  | Km.                | 0              | -50.01         | -119.34        | -198.04        | -393.98        | -680.61        | -1196.83       | -1287.38       | -1414.91  |

| Resultados   |  | h <sub>0</sub> | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> | h <sub>3</sub> | h <sub>4</sub> | h <sub>5</sub> | h <sub>6</sub> | h <sub>7</sub> | h <sub>8</sub> |
|--------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Altura(m)    |  | 1.776          | 1.780          | 1.785          | 1.790          | 1.800          | 1.810          | 1.820          | 1.821          | 1.822          |
| Distancia(m) |  | 0.00           | -50.01         | -119.34        | -198.04        | -393.98        | -680.61        | -1196.83       | -1287.38       | -1414.91       |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h = 1.82$  m bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

## 2.3 Diseño Hidráulico Tramo 1

### 2.3.1 Análisis

Este tramo posee malas condiciones de conducción de las aguas, ya que presenta irregularidades que afectan al escurrimiento. Por lo anterior se dispondrá revestirlo, utilizando para ello la misma sección trapezoidal de los tramos ya revestidos en el sector.

### 2.3.2 Diseño

Cota radier de salida: 196.16 m  
Cota radier de entrada: 196.47 m  
Longitud a revestir: 620 m

} Pendiente disponible:  $i=0.0005$  [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 13$  [m<sup>3</sup>/s],  $b = 2$  m (ancho basal),  $z = 1.5$  (talud), e  $i_{\text{diseño}} = 0.5$  ‰

Se tiene:  $h_n = 1.83$  m;  $V_n = 1.50$  [m/s];  $h_c = 1.21$  m y  $V_c = 2.83$  [m/s]

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\% h_n = 0.27$  m > 20cm  $\rightarrow H = h_n + \Delta y = 2.10$  m

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 2.00 \text{ m} \quad Z = 1.5 \quad H = 2.10 \text{ m}$$

Verificaciones:

c) Bernoulli:

$$B_n = h_n + \frac{v_n^2}{2g}, \text{ con } h_n = 1.83 \text{ m y } v_n = 1.50 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 1.94 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 1.61 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.20 \geq 1.10 \rightarrow \text{OK.}$$

d) Velocidades:

Según resultados,  $v_n = 1.50$  [m/s], la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta

### 2.3.3 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico del tramo considerado. Para ello, se estudiará el eje desde el tramo revestido aguas abajo de la canoa Agua Fría (ver planos de proyecto). Con lo anterior, se obtienen los siguientes subtramos a analizar:

- Revestimiento existente aguas abajo canoa (Tramo 3)
- Transición revestimiento canoa
- Canoa Agua Fría (Tramo 2)
- Diseño transición aguas arriba de canoa

**a. Revestimiento existente aguas abajo canoa (Tramo 3)**

Para este tramo, se desarrollará el eje con altura de inicio  $h = 1.822$  m, dado por el cálculo hecho para el tramo cuatro. Así, se obtiene lo siguiente:

| Datos                   |         |
|-------------------------|---------|
| Q [m3/s]=               | 13      |
| i [m/m]=                | 0.00127 |
| n=                      | 0.015   |
| z=                      | 1.5     |
| B [m]=                  | 2       |
| Partición de Alturas[m] |         |
| h inicial(h0)=          | 1.822   |
| h1=                     | 1.820   |
| h2=                     | 1.818   |
| h3=                     | 1.815   |
| h4=                     | 1.810   |
| h5=                     | 1.795   |
| h6=                     | 1.790   |
| h7=                     | 1.787   |
| h8=                     | 1.785   |

| Cálculos           | h0      | h1       | h2      | h3      | h4       | h5       | h6       | h7       | h8        |
|--------------------|---------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| h                  | 1.822   | 1.820    | 1.818   | 1.815   | 1.810    | 1.795    | 1.790    | 1.787    | 1.785     |
| A                  | 8.624   | 8.609    | 8.594   | 8.571   | 8.534    | 8.423    | 8.386    | 8.364    | 8.349     |
| Pm                 | 8.569   | 8.562    | 8.555   | 8.544   | 8.526    | 8.472    | 8.454    | 8.443    | 8.436     |
| Rh                 | 1.006   | 1.005    | 1.005   | 1.003   | 1.001    | 0.994    | 0.992    | 0.991    | 0.990     |
| V                  | 1.508   | 1.510    | 1.513   | 1.517   | 1.523    | 1.543    | 1.550    | 1.554    | 1.557     |
| V <sup>2</sup> /2g | 0.116   | 0.116    | 0.117   | 0.117   | 0.118    | 0.122    | 0.123    | 0.123    | 0.124     |
| B                  | 1.938   | 1.936    | 1.935   | 1.932   | 1.928    | 1.917    | 1.913    | 1.910    | 1.909     |
| J                  | 0.00051 | 0.00051  | 0.00051 | 0.00052 | 0.00052  | 0.00054  | 0.00055  | 0.00055  | 0.00055   |
| Jm                 | -       | 0.00051  | 0.00051 | 0.00051 | 0.00052  | 0.00053  | 0.00054  | 0.00055  | 0.00055   |
| Jm-i               | -       | -0.0008  | -0.0008 | -0.0008 | -0.0008  | -0.0007  | -0.0007  | -0.0007  | -0.0007   |
| Bi-Bf              | -       | 0.001598 | 0.0016  | 0.00239 | 0.003975 | 0.011856 | 0.003928 | 0.002351 | 0.0015651 |
| Xi-Xf              | -       | -2.097   | -2.101  | -3.160  | -5.289   | -16.038  | -5.406   | -3.259   | -2.179    |
| SUM(Xi-Xf)         | 0       | -2.10    | -4.20   | -7.36   | -12.65   | -28.69   | -34.09   | -37.35   | -39.53    |
| Km.                | 0       | -2.10    | -4.20   | -7.36   | -12.65   | -28.69   | -34.09   | -37.35   | -39.53    |

| Resultados   | h0    | h1    | h2    | h3    | h4     | h5     | h6     | h7     | h8     |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Altura(m)    | 1.822 | 1.820 | 1.818 | 1.815 | 1.810  | 1.795  | 1.790  | 1.787  | 1.785  |
| Distancia(m) | 0.00  | -2.10 | -4.20 | -7.36 | -12.65 | -28.69 | -34.09 | -37.35 | -39.53 |

Por lo tanto, al inicio de del revestimiento existente, se tiene una altura de 1.79 m.

**b. Transición revestimiento canoa**

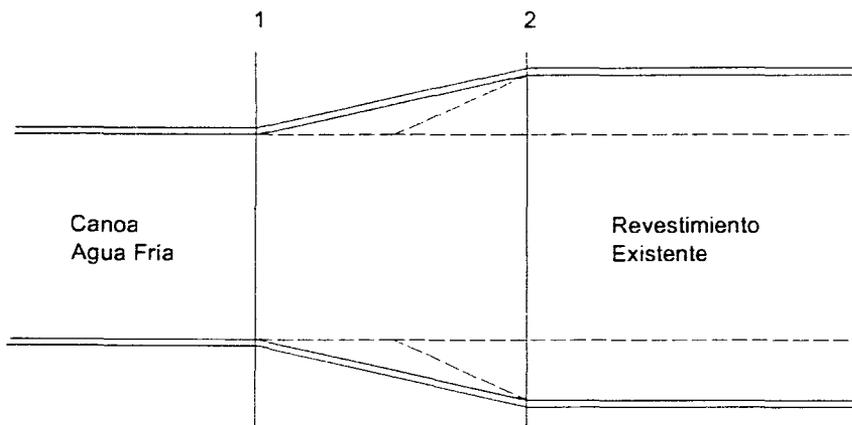


Figura 3

Al observar la figura 3, y despreciando las pérdidas de energía, se obtiene:

$$B_1 = B_2$$

$$h_1 + \frac{Q^2}{2g \cdot b_1^2 h_1^2} = B_2$$

Ahora, reemplazando  $Q = Q_{\text{diseño}} = 13 \text{ [m}^3/\text{s]}$ ,  $b_1 = 2.80 \text{ m}$ ,  $B_2 = 1.909 \text{ [m Kg/Kg]}$ , e iterando, las tres raíces no son reales (sin solución). Por lo anterior, se tendrá crisis en la sección 1.

$$h_1 = h_{\text{crítica}} = 1.30 \text{ m}$$

### c. Canoa Agua Fría

Desarrollando el eje hidráulico, con altura de inicio  $h = 1.30 \text{ m}$ , se obtiene lo siguiente:

| Datos                   | Cálculos | h0         | h1      | h2        | h3      | h4       | h5       | h6       | h7       | h8       |
|-------------------------|----------|------------|---------|-----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=  | 13       | 1.300      | 1.320   | 1.340     | 1.360   | 1.380    | 1.385    | 1.390    | 1.391    | 1.392    |
| i [m/m]=                | 0.00397  | 3.640      | 3.696   | 3.752     | 3.808   | 3.864    | 3.878    | 3.892    | 3.895    | 3.898    |
| n=                      | 0.015    | 5.400      | 5.440   | 5.480     | 5.520   | 5.560    | 5.570    | 5.580    | 5.582    | 5.584    |
| B [m]=                  | 2.8      | 0.674      | 0.679   | 0.685     | 0.690   | 0.695    | 0.696    | 0.697    | 0.698    | 0.698    |
| Partición de Alturas[m] |          | 3.571      | 3.517   | 3.465     | 3.414   | 3.364    | 3.352    | 3.340    | 3.338    | 3.335    |
| h inicial(h0)=          | 1.300    | 0.651      | 0.631   | 0.612     | 0.595   | 0.578    | 0.573    | 0.569    | 0.568    | 0.568    |
| h1=                     | 1.320    | B          | 1.951   | 1.951     | 1.952   | 1.955    | 1.958    | 1.958    | 1.959    | 1.959    |
| h2=                     | 1.340    | J          | 0.00486 | 0.00466   | 0.00448 | 0.00430  | 0.00414  | 0.00410  | 0.00406  | 0.00405  |
| h3=                     | 1.360    | Jm         | -       | 0.00476   | 0.00457 | 0.00439  | 0.00422  | 0.00412  | 0.00408  | 0.00405  |
| h4=                     | 1.380    | Jm-i       | -       | 0.0008    | 0.0006  | 0.0004   | 0.0002   | 0.0001   | 0.0001   | 0.0001   |
| h5=                     | 1.385    | B-i-Bf     | -       | -0.000429 | -0.0013 | -0.00212 | -0.00289 | -0.00084 | -0.00088 | -0.00018 |
| h6=                     | 1.390    | Xi-Xf      | -       | -0.544    | -2.171  | -5.054   | -11.577  | -5.685   | -8.183   | -2.156   |
| h7=                     | 1.391    | SUM(Xi-Xf) | 0       | -0.54     | -2.72   | -7.77    | -19.35   | -25.03   | -33.21   | -35.37   |
| h8=                     | 1.392    | Km.        | 0       | -0.54     | -2.72   | -7.77    | -19.35   | -25.03   | -33.21   | -35.37   |

| Resultados   | h0    | h1    | h2    | h3    | h4     | h5     | h6     | h7     | h8     |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Altura(m)    | 1.300 | 1.320 | 1.340 | 1.360 | 1.380  | 1.385  | 1.390  | 1.391  | 1.392  |
| Distancia(m) | 0.00  | -0.54 | -2.72 | -7.77 | -19.35 | -25.03 | -33.21 | -35.37 | -37.77 |

Así, al inicio de la canoa se tendrá una altura  $h = 1.39 \text{ m}$  bajo las condiciones descritas.

### d. Diseño transición aguas arriba de canoa

Esquemáticamente, se tiene lo siguiente:

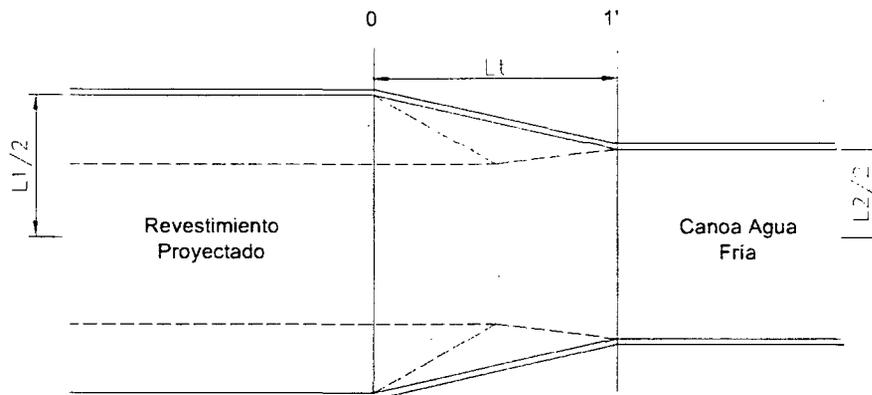


Figura 4

Al observar la figura 4, y despreciando las pérdidas de energía, se tiene:

$$B_0 = B_1 \cdot \left[ h_0 + \frac{Q^2}{2g \cdot [h(b_0 + zh_0)]^2} \right] = B_1$$

Considerando la energía calculada anteriormente al inicio de la canoa ( $B_1 = 1.960$  [m Kg/Kg]) y reemplazando  $Q = Q_{\text{diseño}} = 13$  [m<sup>3</sup>/s],  $b_0 = 2.0$ ,  $z = 1.5$  m, e iterando, se obtiene:

$$h_0 = 1.849 \text{ m}$$

Ahora, se calcula la longitud de transición con un ángulo máximo de  $12.5^\circ$  (Chow, V.T.) para que no se produzca la separación de la vena líquida con las paredes, esto es:

$$L_T = \frac{0.5 \cdot (L_2 - L_1)}{\text{tg}(12.5^\circ)}$$

$$L_T = \frac{0.5 \cdot (L_2 - L_1)}{\text{tg}(12.5^\circ)} = \frac{0.5 \cdot (8.3 - 2.8)}{\text{tg}(12.5^\circ)} = 12.4 \text{ m}$$

Luego, la longitud elegida es de:  $L_T = 14.0$  m

### Eje Hidráulico Tramo 1

Con el razonamiento planteado y valores obtenidos, el desarrollo del eje hidráulico para el tramo 1 es el siguiente:

| Datos                          |        | Cálculos           |         |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------------------|--------|--------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Q [m3/s]=                      | 13     | h0                 | h1      | h2       | h3       | h4       | h5       | h6       | h7       | h8       |           |
| i [m/m]=                       | 0.0005 | h                  | 8.826   | 8.796    | 8.781    | 8.773    | 8.766    | 8.758    | 8.751    | 8.743    | 8.734     |
| n=                             | 0.015  | Pm                 | 8.667   | 8.652    | 8.645    | 8.641    | 8.638    | 8.634    | 8.631    | 8.627    | 8.623     |
| z=                             | 1.5    | Rh                 | 1.018   | 1.017    | 1.016    | 1.015    | 1.015    | 1.014    | 1.014    | 1.013    | 1.013     |
| B [m]=                         | 2      | V                  | 1.473   | 1.478    | 1.480    | 1.482    | 1.483    | 1.484    | 1.486    | 1.487    | 1.488     |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |        | V <sup>2</sup> /2g | 0.111   | 0.111    | 0.112    | 0.112    | 0.112    | 0.112    | 0.113    | 0.113    | 0.113     |
| h inicial(h0)=                 | 1.849  | B                  | 1.960   | 1.956    | 1.955    | 1.954    | 1.953    | 1.952    | 1.952    | 1.951    | 1.950     |
| h1=                            | 1.845  | J                  | 0.00048 | 0.00048  | 0.00048  | 0.00048  | 0.00049  | 0.00049  | 0.00049  | 0.00049  | 0.00049   |
| h2=                            | 1.843  | Jm                 | -       | 0.00048  | 0.00048  | 0.00048  | 0.00048  | 0.00049  | 0.00049  | 0.00049  | 0.00049   |
| h3=                            | 1.842  | Jm-i               | -       | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000    |
| h4=                            | 1.841  | Bi-Bf              | -       | 0.00324  | 0.001617 | 0.000808 | 0.000808 | 0.000807 | 0.000807 | 0.000806 | 0.0009912 |
| h5=                            | 1.840  | Xi-Xf              | -       | -151.278 | -89.321  | -49.147  | -52.695  | -56.812  | -61.647  | -67.405  | -92.593   |
| h6=                            | 1.839  | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -151.28  | -240.60  | -289.75  | -342.44  | -399.25  | -460.90  | -528.30  | -620.90   |
| h7=                            | 1.838  | Km.                | 0       | -151.28  | -240.60  | -289.75  | -342.44  | -399.25  | -460.90  | -528.30  | -620.90   |
| h8=                            | 1.837  |                    |         |          |          |          |          |          |          |          |           |
| <b>Resultados</b>              |        | h0                 | h1      | h2       | h3       | h4       | h5       | h6       | h7       | h8       |           |
| Altura(m)                      |        | 1.849              | 1.845   | 1.843    | 1.842    | 1.841    | 1.840    | 1.839    | 1.838    | 1.837    |           |
| Distancia(m)                   |        | 0.00               | -151.28 | -240.60  | -289.75  | -342.44  | -399.25  | -460.90  | -528.30  | -620.90  |           |

Así, al inicio del tramo se tendrá una altura  $h = 1.84$  m bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

### **3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL**

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Matriz. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

#### **3.1 Materiales**

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### **3.2 Bases de Cálculo**

|                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Peso específico del suelo            | $\gamma_s=2.0$ [T/m <sup>3</sup> ] |
| Angulo de fricción interna del suelo | $\phi=30^\circ$                    |
| Coefficiente de empuje activo        | $K_a=0.047$                        |
| Coefficiente de empuje sísmico       | $K_s=0.035$                        |
| Peso específico hormigón             | $\gamma_h=2.5$ [T/m <sup>3</sup> ] |

Tensiones admisibles del suelo:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{estático}} &= 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \\ \sigma_{\text{sísmico}} &= 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

### **4. DISEÑO ESTRUCTURAL**

#### **4.1 Generalidades**

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección. Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

##### **4.1.1 Armadura Transversal Muros**

Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

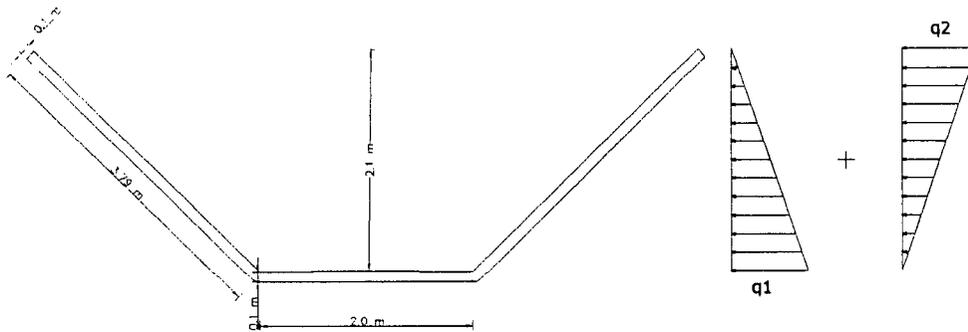
$$B= 2.00\text{m}$$

$$H= 2.10\text{m}$$

$$Z= 1.5$$

$$\text{Espesor}= 0.10\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos y empuje del suelo, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.047 \cdot 2.0 \cdot 2.1 = 0.1974 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sismico} = K_s H = 0.035 \cdot 2.1 = 0.0735 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.2532 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s_{calc}} = 0.96 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{min} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{min}} = 1.68 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s_{min}} = 0.56 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{máx} = 12.1 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{retrac}} = 7.25 \text{ [cm}^2\text{]}$
3.  $\rho_{retrac} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{retrac}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s_{min}} < A_{s_{retrac}}$ , se adopta  $A_{s_{diseño}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-158, se tiene  $A_{s_{disponible}} = 1.58 \text{ [cm}^2\text{/m]} > A_{s_{diseño}}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño. Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$  con mínimo 200 mm.

#### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en toda la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación térmica del hormigón =  $10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$

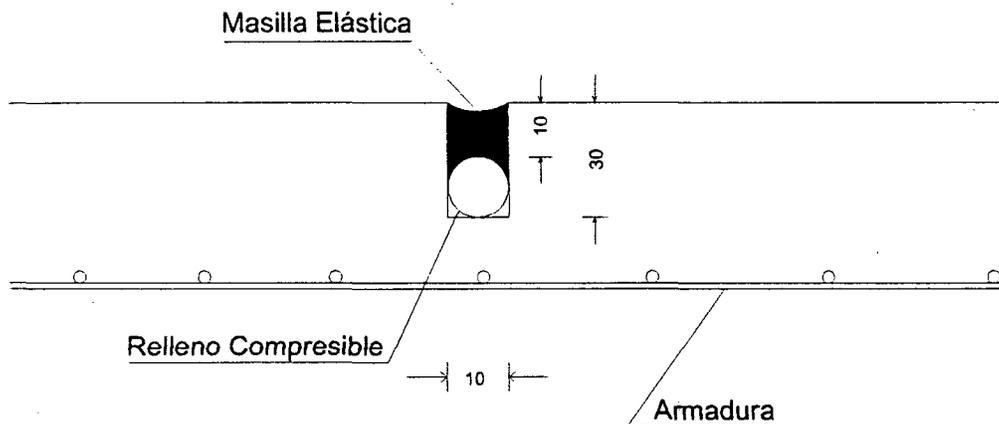
L = Longitud paño = 4000 [mm]

$\Delta T$  = Gradiente de temperatura = 40 [°C]

$\Delta L = 1.6 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 5.3 \approx 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

### 4.3 Verificaciones

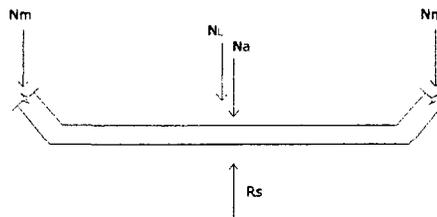
#### 4.3.1 Volcamiento, deslizamiento y flotación

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en relleno. Para el caso de la flotación, no se considera realizar su verificación, debido a que el terreno donde va excavado el canal es de arena gruesa a fina limosa de compacidad media, lo que conlleva a una permeabilidad natural de tipo media a alta. Así, la recarga no es “acumulada” en el sector descrito, ya que es controlada por los esteros con menor carga piezométrica (Esteros Humenco, Agua Fría y Borracho).

A lo anterior, se adiciona la existencia de tramos revestidos del canal sin sistema de drenaje, los que no han tenido problema alguno.

#### 4.4 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$ : Peso muro = 0.95 [T/m]

$N_L$ : Peso losa canal = 0.5 [T/m]

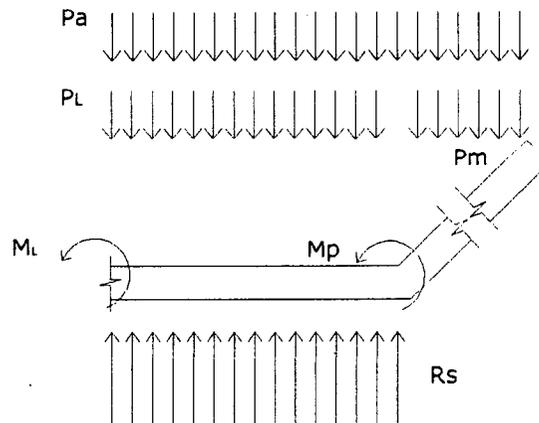
$N_a$ : Peso agua = 10.82 [T/m]

$$\sum N_i = 13.22 \text{ [T/m]}$$

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2l} = 1.59 \text{ [T/m}^2\text{]} \rightarrow \sigma = 0.159 \text{ [kg/cm}^2\text{]} < 1.0 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.5 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L (B/2) = 0.1481 \text{ [T m]}, \text{ con esto: } A_{S_{\text{calc}}} = 0.56 \text{ [cm}^2\text{]}.$$

Como  $A_{S_{\text{calc}}} < A_{S_{\text{retrac}}}$ , se adopta la armadura de retracción para diseño. Así, se deberá utilizar malla Acma C158 con  $A_{S_{\text{disponible}}} = 1.58 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

#### 4.6 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor sollicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{\text{retrac}}} = A_{S_{\text{long}}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-158}$$

### 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-158, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres. Dimensiones y detalles en planos de proyecto.

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

# “Proyecto de Revestimiento Canal Montenegro”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del Canal Montenegro.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 1800 [l/s].

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### 1.4 Altura Crítica

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$ = Altura crítica

$q$ = Caudal unitario

$g$ = Aceleración de gravedad

#### 1.5 Revancha

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### 1.6 Verificaciones de Diseño

##### 1.6.1 Bernoulli

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{normal} \geq 1.10 B_{crítico}$$

##### 1.6.2 Velocidad Máxima

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Máx}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Máx} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### 1.6.3 Velocidad Mínima

Las velocidades mínimas ( $V_{Min}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Min} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

El tramo a diseñar corresponde a unos 1143.3m de canal, desde la naciente a puente San Gerardo. El tramo presenta filtraciones debido a la rotura de su borde y desbordamiento a estero Rarincó, por lo que se propone su revestimiento para mejorar la conducción de las aguas.

### 2.2 Diseño Sección Hidráulica – Tramo 1

Longitud a revestir: 583.3 m

Pendiente de diseño: 0.00181 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 1800 \text{ [l/s]} = 1.8 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $i_{\text{diseño}} = 1.81 \text{ ‰}$

Para canal rectangular con  $B = 1.55 \text{ m}$ , se tiene:

$h_n = 0.77 \text{ m}$ ;  $V_n = 1.51 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.52 \text{ m}$  y  $V_c = 2.25 \text{ [m/s]}$

$F(\text{Fraude}) = 0.55 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.12 \text{ m} \rightarrow \text{se utiliza 20cm de revancha}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.55 \text{ [m]} \quad H = 1.0 \text{ [m]}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.77 \text{ [m]} \text{ y } V_n = 1.51 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.89 \text{ [m]}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.77 \text{ [m]}, \text{ entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.15 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 1.51 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### 2.3 Diseño Sección Hidráulica – Tramo 2

Longitud a revestir: 560.0 m

Pendiente de diseño: 0.00180 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 1800 \text{ [l/s]} = 1.8 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $i_{\text{diseño}} = 1.80 \text{ ‰}$

Para canal rectangular con  $B = 1.55 \text{ m}$ , se tiene:

$h_n = 0.78 \text{ m}$ ;  $V_n = 1.50 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.52 \text{ m}$  y  $V_c = 2.25 \text{ [m/s]}$

$F(\text{Fraude}) = 0.55 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.12 \text{ m} \rightarrow \text{se utiliza 20cm de revancha}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.55 \text{ [m]} \quad H = 1.0 \text{ [m]}$$

Verificaciones:

c) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.78 \text{ [m]} \text{ y } V_n = 1.50 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.89 \text{ [m]}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.77 \text{ [m]}, \text{ entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.15 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

d) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 1.50 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### 2.4 Comprobación Saltillo

En la transición de ambos tramos proyectados, se considera la construcción de un saltillo o grada de bajada para adecuar las pendientes proyectadas. Analizando el eje hidráulico del segundo tramo, y tomando como condición más desfavorable el desborde, se tiene lo siguiente:

| Datos                   |        | Cálculos           |         |           |         |          |         |         |         |          |          |
|-------------------------|--------|--------------------|---------|-----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Q [m3/s]=               | 1.8    | h                  | 1.000   | 0.950     | 0.900   | 0.850    | 0.830   | 0.810   | 0.790   | 0.780    | 0.777    |
| i [m/m]=                | 0.0018 | A                  | 1.550   | 1.473     | 1.395   | 1.318    | 1.287   | 1.256   | 1.225   | 1.209    | 1.204    |
| n=                      | 0.015  | Pm                 | 3.550   | 3.450     | 3.350   | 3.250    | 3.210   | 3.170   | 3.130   | 3.110    | 3.104    |
| B [m]=                  | 1.55   | Rh                 | 0.437   | 0.427     | 0.416   | 0.405    | 0.401   | 0.396   | 0.391   | 0.389    | 0.388    |
| Partición de Alturas[m] |        | V                  | 1.161   | 1.222     | 1.290   | 1.366    | 1.399   | 1.434   | 1.470   | 1.489    | 1.495    |
| h inicial(h0)=          | 1.000  | V <sup>2</sup> /2g | 0.069   | 0.076     | 0.085   | 0.095    | 0.100   | 0.105   | 0.110   | 0.113    | 0.114    |
| h1=                     | 0.950  | B                  | 1.069   | 1.026     | 0.985   | 0.945    | 0.930   | 0.915   | 0.900   | 0.893    | 0.891    |
| h2=                     | 0.900  | J                  | 0.00092 | 0.00105   | 0.00120 | 0.00140  | 0.00149 | 0.00159 | 0.00170 | 0.00176  | 0.00178  |
| h3=                     | 0.850  | Jm                 | -       | 0.00098   | 0.00113 | 0.00130  | 0.00145 | 0.00154 | 0.00164 | 0.00173  | 0.00177  |
| h4=                     | 0.830  | Jm-i               | -       | -0.0008   | -0.0007 | -0.0005  | -0.0004 | -0.0003 | -0.0002 | -0.0001  | 0.0000   |
| h5=                     | 0.810  | Bi-Bf              | -       | 0.0425667 | 0.04129 | 0.039712 | 0.01536 | 0.01501 | 0.01462 | 0.007155 | 0.002125 |
| h6=                     | 0.790  | Xi-Xf              | -       | -51.984   | -61.218 | -79.784  | -43.281 | -57.796 | -94.136 | -100.155 | -64.286  |
| h7=                     | 0.780  | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -51.98    | -113.20 | -192.99  | -236.27 | -294.06 | -388.20 | -488.35  | -552.64  |
| h8=                     | 0.777  | Km.                | 0       | -51.98    | -113.20 | -192.99  | -236.27 | -294.06 | -388.20 | -488.35  | -552.64  |
| Resultados              |        | h0                 | h1      | h2        | h3      | h4       | h5      | h6      | h7      | h8       |          |
| Altura(m)               |        | 1.000              | 0.950   | 0.900     | 0.850   | 0.830    | 0.810   | 0.790   | 0.780   | 0.777    |          |
| Distancia(m)            |        | 0.00               | -51.98  | -113.20   | -192.99 | -236.27  | -294.06 | -388.20 | -488.35 | -552.64  |          |

Luego, se tendrá altura normal al inicio del tramo ( $h_3 = 0.78$  m). Ahora, con una altura de bajada de  $a = 0.90$  [m] y tomando la relación de Rand para la altura conjugada de resalto ( $h_2$ ):

$$\frac{h_2}{a} = 1.66 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{0.810} \rightarrow h_2 = 0.96 \text{ m}$$

Como  $h_2 > h_3$ , el resalto no quedará confinado. Por lo anterior, se colocará una grada de subida al término del resalto de altura  $z = 0.25$  m. Con lo anterior, se aumentará la altura de caída del saltillo ( $a = 1.15$  m)

Recalculando, se obtiene que:

$$\frac{h_2}{a} = 1.66 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{0.810} \rightarrow h_2 = 1.00 - 0.25 = 0.75 < 0.78 \rightarrow \text{OK}$$

Ahora, calculando la altura conjugada de resalto y longitudes:

$$\frac{h_1}{a} = 0.54 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{1.275} \rightarrow h_1 = 0.23 \text{ m}$$

$$\frac{l_c}{a} = 3.2 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{0.810} \rightarrow l_c = 1.93 \text{ m}$$

$$l_r = 6.9 \cdot (h_2 - h_1) = 5.37$$

Así,  $L_r = l_c + l_r = 7.3$  m (longitud del resalto)

Ahora, utilizando la fórmula de Belanger:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{1}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + 8\mathfrak{F}_2^2} - 1 \right)$$

$$\mathfrak{F}_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g h_2}} = 0.37 \rightarrow h_0 = 0.22 \text{ [m]} \text{ (altura resalto conjugado)}$$

Así, utilizando la fórmula de Alamos y Gallardo:  $L_r = 18 \cdot 20 X_1 \rightarrow l_r = 4.87 \text{ [m]}$  (longitud de resalto). Luego, se utiliza la longitud de resalto dada por Rand por ser la más conservadora.

Finalmente, la longitud del colchón disipador adoptado es:

$$L = 7.5 \text{ m.}$$

El desarrollo del eje hidráulico para el primer tramo, viene dado por:

| Datos                          |         | Cálculos    | h0      | h1        | h2       | h3       | h4       | h5      | h6        | h7       | h8        |
|--------------------------------|---------|-------------|---------|-----------|----------|----------|----------|---------|-----------|----------|-----------|
| Q [m3/s]=                      | 1.8     | h           | 0.520   | 0.550     | 0.600    | 0.650    | 0.700    | 0.750   | 0.760     | 0.770    | 0.772     |
| i [m/m]=                       | 0.00181 | A           | 0.806   | 0.853     | 0.930    | 1.008    | 1.085    | 1.163   | 1.178     | 1.194    | 1.197     |
| n=                             | 0.015   | Pm          | 2.590   | 2.650     | 2.750    | 2.850    | 2.950    | 3.050   | 3.070     | 3.090    | 3.094     |
| B [m]=                         | 1.55    | Rh          | 0.311   | 0.322     | 0.338    | 0.354    | 0.368    | 0.381   | 0.384     | 0.386    | 0.387     |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |         | V           | 2.233   | 2.111     | 1.935    | 1.787    | 1.659    | 1.548   | 1.528     | 1.508    | 1.504     |
| h inicial(h0)=                 | 0.520   | V*2/2g      | 0.254   | 0.227     | 0.191    | 0.163    | 0.140    | 0.122   | 0.119     | 0.116    | 0.115     |
| h1=                            | 0.550   | B           | 0.774   | 0.777     | 0.791    | 0.813    | 0.840    | 0.872   | 0.879     | 0.886    | 0.887     |
| h2=                            | 0.600   | J           | 0.00532 | 0.00455   | 0.00358  | 0.00287  | 0.00235  | 0.00195 | 0.00188   | 0.00182  | 0.00181   |
| h3=                            | 0.650   | Jm          | -       | 0.00494   | 0.00406  | 0.00323  | 0.00261  | 0.00215 | 0.00192   | 0.00185  | 0.00181   |
| h4=                            | 0.700   | Jm-i        | -       | 0.0031    | 0.0023   | 0.0014   | 0.0008   | 0.0003  | 0.0001    | 0.0000   | 0.0000    |
| h5=                            | 0.750   | Bi-Bf       | -       | -0.002998 | -0.01367 | -0.02173 | -0.02757 | -0.0319 | -0.006802 | -0.00693 | -0.001399 |
| h6=                            | 0.760   | Xi-Xi'      | -       | -0.959    | -6.065   | -15.351  | -34.389  | -93.557 | -62.961   | -165.952 | -446.321  |
| h7=                            | 0.770   | SUM(Xi-Xi') | 0       | -0.96     | -7.02    | -22.38   | -56.76   | -150.32 | -213.28   | -379.23  | -825.56   |
| h8=                            | 0.772   | Km.         | 0       | -0.96     | -7.02    | -22.38   | -56.76   | -150.32 | -213.28   | -379.23  | -825.56   |
| <b>Resultados</b>              |         | h0          | h1      | h2        | h3       | h4       | h5       | h6      | h7        | h8       |           |
| Altura(m)                      |         | 0.520       | 0.550   | 0.600     | 0.650    | 0.700    | 0.750    | 0.760   | 0.770     | 0.772    |           |
| Distancia(m)                   |         | 0.00        | -0.96   | -7.02     | -22.38   | -56.76   | -150.32  | -213.28 | -379.23   | -825.56  |           |

Al observar los resultados al inicio del tramo se tendrá altura normal ( $h = 0.77 \text{ m}$ ), inferior a la cota de borde proyectado.

### **3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL**

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Montenegro. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

#### **3.1 Materiales**

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### **3.2 Bases de Cálculo**

|                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Peso específico del suelo            | $\gamma_s=2.0$ [T/m <sup>3</sup> ] |
| Angulo de fricción interna del suelo | $\phi=30^\circ$                    |
| Coefficiente de empuje activo        | $K_a=0.33$                         |
| Coefficiente de empuje sísmico       | $K_s=0.16$                         |
| Peso específico hormigón             | $\gamma_h=2.4$ [T/m <sup>3</sup> ] |

Tensiones admisibles del suelo:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{estático}} &= 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \\ \sigma_{\text{sísmico}} &= 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

### **4. DISEÑO ESTRUCTURAL**

#### **4.1 Generalidades**

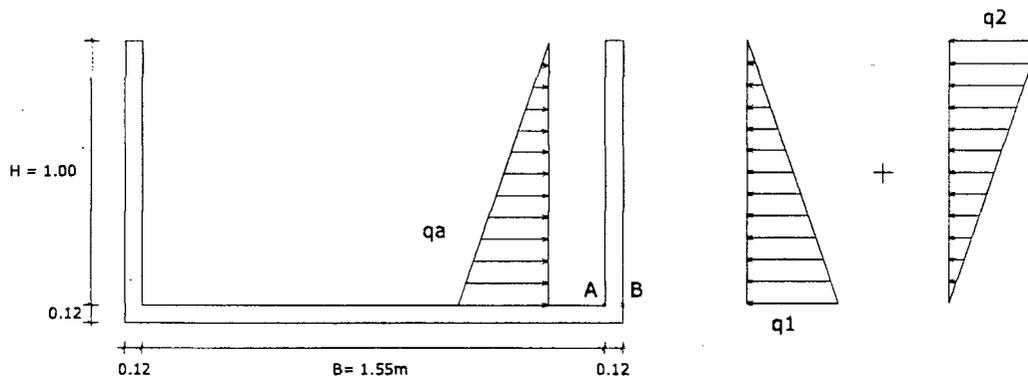
Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $L > 2H$  y  $2B$  (L:largo paño). Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

##### **4.1.1 Armadura Transversal Muros**

Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$\begin{aligned}B &= 1.55\text{m} \\ H &= 1.00\text{m} \\ \text{Espesor} &= 0.12\text{m (fondo y bordes)}\end{aligned}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



### Cara Interior (Punto A)

$$q_a: \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 1^2 / 2 = 0.5 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 2400 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.167 \text{ [Tm/m]} = 16666.7 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{16666.7}{2400} = 6.94 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 \cdot 2.0 \cdot 1.0 = 0.66 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 \cdot 1.0 = 0.16 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.16333 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s_{calc}} = 0.458 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{min} = 2.8 \%$   $\rightarrow A_{s_{min}} = 2.24 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s_{min}} = 0.75 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{retrac} = 1.5 \%$   $\rightarrow A_{s_{retrac}} = 1.81 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s_{min}} < A_{s_{retrac}}$ , se adopta  $A_{s_{diseño}} = 1.81 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-188, se tiene  $A_{s\text{disponible}}=1.88 \text{ [cm}^2\text{/m]} > A_{s\text{diseño}}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$

#### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación térmica del hormigón=  $10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$

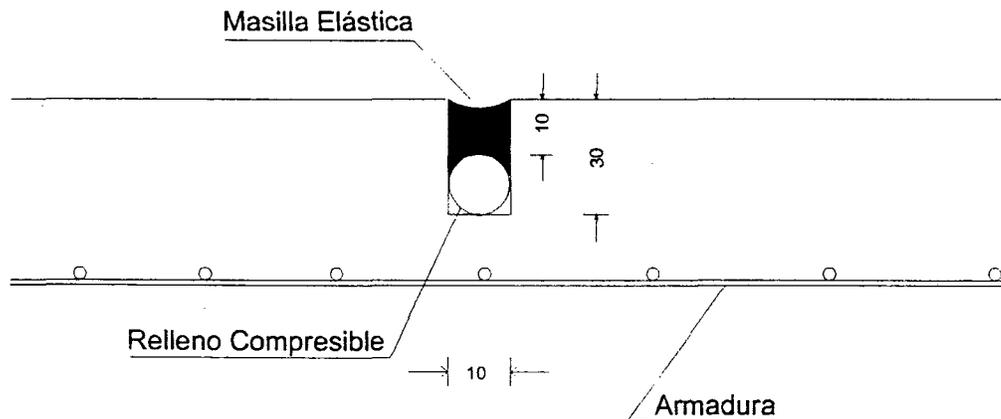
L= Logitud paño= 10000 [mm]

$\Delta T$ = Gradiente de temperatura= 30 [°C]

$\Delta L = 3 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

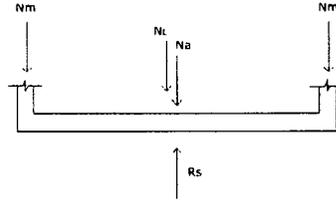
#### 4.3 Verificaciones

##### 4.3.1 Volcamiento, deslizamiento y flotación

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en corte. Para el caso de la flotación, ésta no es primordial en el diseño, ya que en casi todo el borde izquierdo del canal, se encuentra en pretil con cota de término menor a la de radier proyectado, lo que imposibilita tener subpresiones de importancia. Sin embargo, en el borde derecho se observaron afloramientos de pequeñas vertientes, por lo que en las ETE del proyecto, se abordará el manejo y encauzamiento de estas aguas.

### 4.3.2 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$ : Peso muro = 0.576 [T/m]

$N_L$ : Peso losa canal = 0.516 [T/m]

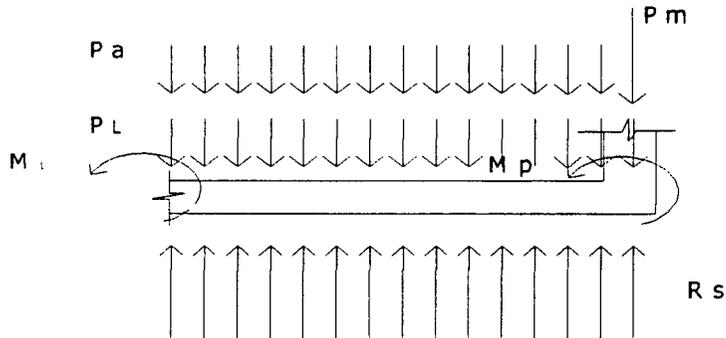
$$\sum N_i = 2.642 \text{ [T/m]}$$

$N_a$ : Peso agua = 1.55 [T/m]

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{2.642}{1.79} = 1.48 \text{ [T/m}^2] \rightarrow \sigma = 0.148 \text{ [kg/cm}^2] < 1.0 \text{ [kg/cm}^2] \Rightarrow \text{Ok}$$

### 4.4 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L(B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{pared} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

$$\text{Con esto: } M(B/2) = 0.100 \text{ [T m]} \rightarrow A_{S_{calc}} = 0.28 \text{ [cm}^2].$$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

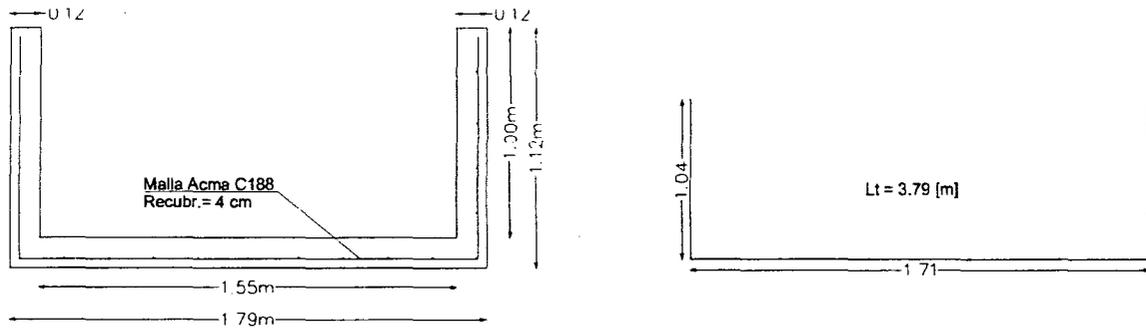
### 4.5 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor solicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{retrac}} = A_{S_{long}} = 1.81 \text{ [cm}^2/\text{ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-188}$$

## 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-188, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres.



---

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

## **Proyecto de Aspersión para Achicoria Sr. José Robles**

### **1. Descripción del proyecto**

El presente proyecto tiene por objetivo el mejoramiento del sistema de riego por aspersión existente en el predio. Principalmente se pretende aumentar la superficie de riego pues el sistema utilizado hasta ahora, solo consta de tres aspersores para un área de dos hectáreas de Achicoria. En literatura, se puede encontrar que una de las características principales de este cultivo es su gran tolerancia a falta de agua, por lo que se espera que, mediante este proyecto y su implementación permita una rotación de cultivos densos.

### **2. Parámetros técnicos para el diseño de la obra propuesta**

#### **2.1 Obras comprendidas**

Se instalará un sistema de laterales móviles, conectadas a tuberías secundarias y una principal ya existente en el predio, con aspersores modelo Raind Bird 14070 EH (2).

#### **2.2 Determinación del caudal disponible**

Su fuente de agua es proveniente de canales de riego, el propietario posee derechos por un regador (15 l/s), los cuales son almacenados en un tranque de acumulación

#### **2.3 Superficie de riego**

Superficie actual de riego: 0,5 hectáreas.

Superficie Futura de riego: 2 hectáreas.

Superficie equivalente: 1,5 hectáreas.

#### 2.4 Determinación de la demanda de agua.

| Mes | ETP<br><i>mm/día</i> | Eficiencia de<br>Riego<br>% | Demanda de agua |               |
|-----|----------------------|-----------------------------|-----------------|---------------|
|     |                      |                             | <i>mm/día</i>   | <i>L/s/ha</i> |
| E   | 209                  | 75                          | 2,79            | 0,32          |
| D   | 197                  | 75                          | 2,63            | 0,30          |
| F   | 164                  | 75                          | 2,19            | 0,25          |

#### 2.5 Superficie de Riego seguro.

| Mes | Caudal<br>Disponibile<br><i>l/s</i> | Demanda de<br>Agua<br><i>L/s/ha</i> | Superficie de riego seguro |
|-----|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
|     |                                     |                                     | <i>Ha</i>                  |
| E   | 15                                  | 0,32                                | 46,51                      |
| D   | 15                                  | 0,30                                | 49,34                      |
| F   | 15                                  | 0,25                                | 59,27                      |

#### 2.6 Disponibilidad de Energía Eléctrica

Dispone de energía eléctrica, instalación para equipos trifásicos; la cual ha sido instalada por el propietario.

### 3. PROYECTO

#### 3.1 Diseño Agronómico

##### 3.1.1 Sistema de riego por aspersión

- a) Evapotranspiración potencial ( $ET_p$ ): Se presenta la evapotranspiración potencial para la comuna de los Ángeles en mm/día distribuida mensualmente durante un año.

**Tabla 4.1:** Evapotranspiración potencial \*

| Mes        | mm/día |
|------------|--------|
| Enero      | 6,74   |
| Febrero    | 5,29   |
| Marzo      | 4,10   |
| Abril      | 2,48   |
| Mayo       | 1,45   |
| Junio      | 0,97   |
| Julio      | 1,13   |
| Agosto     | 1,65   |
| Septiembre | 2,48   |
| Octubre    | 3,77   |
| Noviembre  | 4,97   |
| Diciembre  | 6,35   |

- b) Evapotranspiración de cultivo ( $ET_c$ )

Considerando los meses de máxima demanda comprendida entre los meses de Diciembre y Enero, presentadas en la Tabla 4.1, se utilizará el coeficiente de cultivo  $K_c = 1$ , así considerando mes más crítico la  $ET_c = 6,74$  mm/día correspondiente al mes de Enero.

---

(\*) Fuente: Cartas de Evapotranspiración potencial CIREN – CNR, 1997

A continuación se presenta un resumen de los parámetros considerados en el diseño:

**Tabla:** Parámetros de diseño agronómico.

| <b>Diseño Agronómico</b>                              |      |       |
|---|------|-------|
| Lámina de agua a reponer (H)                          | 5,25 | cm    |
| Frecuencia de Riego (Fr)                              | 7    | días  |
| Superficie mínima de riego diario (SMR)               | 0,3  | ha    |
| Lámina de agua bruta a aplicar (HR)                   | 7,0  | cm    |
| Distancia entre aspersores                            | 18   | m     |
| Distancia entre laterales                             | 18   | m     |
| Intensidad de precipitación (Ip)                      | 9,8  | mm/hr |
| Tiempo de riego (Tr)                                  | 7,5  | hr    |
| Número de posturas diarias                            | 3    |       |
| Número de aspersores que operan simultáneamente       | 8    |       |
| Número de laterales para cumplir el programa de riego | 1    |       |
| Caudal de operación del sistema                       | 7,04 | l/s   |

#### 4. Presupuesto detallado de la obra

| EQUIPO DE RIEGO                            | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Sub-Total<br>Costo US\$ |
|--|--------|----------|-----------------|-------------------------|
| <b>Línea de Riego</b>                      |        |          |                 |                         |
| Aspersores Raind Bird 14070 EH (2).        | Nº     | 9        | 29,57           | 266,13                  |
| <b>Red Hidráulica</b>                      |        |          |                 |                         |
| Tuberías laterales de acoplamiento rápido: |        |          |                 |                         |
| Tubo Al de 3" con copias y abrazaderas     | m      | 160      | 16,31           | 2609,6                  |
| Tuberías principales y secundarias:        |        |          |                 |                         |
| PVC C-4, D = 90 mm                         | m      | 161      | 1,51            | 243,11                  |
| <b>Válvulas y Piezas Especiales</b>        |        |          |                 |                         |
| Válvula abre hidrante                      | Nº     | 2        | 62,51           | 125,02                  |
| Válvula de compuerta 3"                    | Nº     | 2        | 62,14           | 124,28                  |
| Reducción de 3x2"                          | Nº     | 2        | 20              | 40                      |
| Hidrantes de conexión                      | Nº     | 7        | 62,51           | 437,57                  |
| Base aluminio con tornillo tuerca          | Nº     | 12       | 12,38           | 148,56                  |
| Tapón de aluminio 2"                       | Nº     | 2        | 15,22           | 30,44                   |
| Codo de aluminio 3"                        | Nº     | 2        | 19,57           | 39,14                   |
| Fittings y piezas especiales               | G1     | 1        | 613,2           | 613,2                   |
| <b>INSTALACION EQUIPO DE RIEGO</b>         |        |          |                 |                         |
| Colocación de tuberías y armado de cabezal | G1     | 1        | 1098,38         | 1098,38                 |
| <b>SUBTOTAL</b>                            |        |          | <b>US\$</b>     | <b>5775,43</b>          |
| <b>IMPREVISTOS (5%)</b>                    |        |          | <b>US\$</b>     | <b>288,7715</b>         |
| <b>UTILIDADES (10%)</b>                    |        |          | <b>US\$</b>     | <b>577,543</b>          |
| <b>COSTO TOTAL</b>                         |        |          | <b>US\$</b>     | <b>6641,74</b>          |
| <b>COSTO TOTAL (pesos)</b>                 |        |          | <b>\$</b>       | <b>3526766</b>          |

## “Proyecto de Revestimiento Canal Comité N°4 de Virquenco”

### Memoria de Cálculo

#### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del canal Comité N°4.

##### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 107 [l/s] el cual representa los derechos de los 8 regantes a beneficiar, más una holgura por capacidad futura.

##### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cual se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

##### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Minimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polimeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### 1.4 Revancha

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento con un mínimo de 20 cm., lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales. Se dispone de una altura menor para aquellos casos en que se justifica su adopción.

#### 1.5 Verificaciones de Diseño

##### 1.5.1 Bernoulli

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{critico}}$$

##### 1.5.2 Velocidad Máxima

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{\text{Máx}}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{\text{Máx}} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### 1.5.3 Velocidad Mínima

Las velocidades mínimas ( $V_{\text{Min}}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{\text{Min}} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

Se proyectan dos tramos. El primer tramo a diseñar corresponde a uno ya existente en losetas de hormigón. Este reemplazo, se debe a la mala ejecución de las obras existentes que presentan una clara contrapendiente de 16 cm. desde inicio de losetas construidas hasta marco partidor. Todo lo anterior, ocasionan una disminución de la carga hidráulica en el marco partidor lo que trae consigo una mala distribución y conducción de las aguas a los parceleros. Así, se revestirá el tramo mediante losetas de hormigón, tratando de mantener la misma sección existente. El segundo tramo, corresponde a uno no revestido desde el fin de las losetas existentes a inicio de predio de forestal. Este sector se pretende revestir por dos causas principales; la primera debido al crecimiento de pasto tanto al borde como el fondo del canal de tierra, lo que ocasiona el peraltamiento aguas arriba y desborde en tramo existente de losetas; la segunda, debido destrucción del canal excavado, tanto por la intrusión de bovinos, como cuevas de los camarones. Se llegará hasta el inicio del predio

forestal, debido a que el terreno en donde va excavado el canal, es libre de pasto y con buena superficie de escurrimiento de las aguas.

## 2.2 Diseño Sección Hidráulica, Tramo-1

|   |   |                                  |
|---|---|----------------------------------|
| Cota radier de salida: 98.998 m                         | } | Cota radier de entrada: 99.153 m |
| Longitud a revestir: 103 m                              |   |                                  |
| Pendiente de diseño: 0.0015 [m/m]                       |   |                                  |
| Con: $Q_{\text{diseño}} = 0.107 \text{ [m}^3/\text{s]}$ |   |                                  |
| $i_{\text{diseño}} = 0.15 \%$                           |   |                                  |

Para losetas trapezoidales con  $b=0.30 \text{ m}$ , y  $Z=0.4 \rightarrow h_n=0.35 \text{ m}$ ;  $V_n=0.72 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c=0.22 \text{ m}$  y  $V_c=1.29 \text{ [m/s]}$ .

$F(\text{Fraude})=0.44 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y=15\%h = 0.05 \text{ m} \rightarrow$  tomando 20cm de revancha:  
 $H=h+\Delta y= 0.55\text{m}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B= 0.30\text{m} \qquad Z=0.4 \qquad H= 0.60\text{m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n=0.35 \text{ m y } V_n=0.72 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}}= 0.38 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}}= 0.30 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.27 \geq 1.10 \qquad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=0.72 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.3 Diseño Sección Hidráulica, Tramo-2

|   |   |                                   |  |
|---|---|-----------------------------------|--|
| Cota radier de entrada: 98.573 m                        | } | Pendiente de diseño: 0.0012 [m/m] |  |
| Cota radier de salida: 97.974 m                         |   |                                   |  |
| Longitud a revestir: 500 m                              |   |                                   |  |
| Con: $Q_{\text{diseño}} = 0.107 \text{ [m}^3/\text{s]}$ |   |                                   |  |

$$i_{\text{diseño}} = 0.12 \%$$

Para losetas trapezoidales con  $b=0.30$  m. y  $Z=0.4 \rightarrow h_n=0.37$  m;  $V_n=0.66$  [m/s];  $h_c=0.22$  m y  $V_c=1.29$  [m/s].

$F(\text{Fraude})=0.40 < 1 \rightarrow$  Régimen de Río

Adicionando revancha:  $\Delta y=15\%h = 0.06$  m  $\rightarrow$  tomando 20cm de revancha:  
 $H=h+\Delta y=0.57$  m

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 0.30\text{m} \quad Z=0.4 \quad H= 0.60\text{m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n=0.37 \text{ m y } V_n=0.66 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.39 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.30 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.30 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=0.66$  [m/s], la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.4 Eje Hidráulico

Para comprobar el diseño realizado, se desarrollará el eje hidráulico de los tramos considerados, imponiendo la condición más desfavorable aguas abajo del tramo lo que vendrá dado por la altura máxima posible en el desbordamiento del canal en el tramo 2, lo que corresponde a una altura de  $h_0=0.60$ m. Para el tramo 1, al final se considerará altura de inicio la crítica ( $h=h_c=0.22$ m) Con esto, los desarrollos del eje hidráulico son los siguientes:

E.H. Tramo 2

| Datos                   |        |
|-------------------------|--------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=  | 0.107  |
| i [m/m]=                | 0.0012 |
| n=                      | 0.015  |
| z=                      | 0.4    |
| B [m]=                  | 0.3    |
| Partición de Alturas[m] |        |
| h inicial(h0)=          | 0.600  |
| h1=                     | 0.550  |
| h2=                     | 0.500  |
| h3=                     | 0.450  |
| h4=                     | 0.440  |
| h5=                     | 0.430  |
| h6=                     | 0.420  |
| h7=                     | 0.410  |
| h8=                     | 0.397  |

| Cálculos           | h0      | h1       | h2      | h3       | h4       | h5       | h6       | h7       | h8        |
|--------------------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| h                  | 0.600   | 0.550    | 0.500   | 0.450    | 0.400    | 0.380    | 0.370    | 0.369    | 0.368     |
| A                  | 0.324   | 0.286    | 0.250   | 0.216    | 0.184    | 0.172    | 0.166    | 0.165    | 0.165     |
| Pm                 | 1.592   | 1.485    | 1.377   | 1.269    | 1.162    | 1.119    | 1.097    | 1.095    | 1.093     |
| Rh                 | 0.203   | 0.193    | 0.182   | 0.170    | 0.158    | 0.154    | 0.151    | 0.151    | 0.151     |
| V                  | 0.330   | 0.374    | 0.428   | 0.495    | 0.582    | 0.623    | 0.646    | 0.648    | 0.650     |
| V <sup>2</sup> /2g | 0.006   | 0.007    | 0.009   | 0.013    | 0.017    | 0.020    | 0.021    | 0.021    | 0.022     |
| B                  | 0.606   | 0.557    | 0.509   | 0.463    | 0.417    | 0.400    | 0.391    | 0.390    | 0.390     |
| J                  | 0.00021 | 0.00028  | 0.00040 | 0.00059  | 0.00089  | 0.00106  | 0.00116  | 0.00118  | 0.00119   |
| Jm                 | -       | 0.00024  | 0.00034 | 0.00049  | 0.00074  | 0.00097  | 0.00111  | 0.00117  | 0.00118   |
| Jm-i               | -       | -0.0010  | -0.0009 | -0.0007  | -0.0005  | -0.0002  | -0.0001  | 0.0000   | 0.0000    |
| Bi-Bf              | -       | 0.048423 | 0.0478  | 0.046826 | 0.045267 | 0.017453 | 0.008541 | 0.000846 | 0.0008449 |
| Xi-Xf              | -       | -50.656  | -55.706 | -66.253  | -97.695  | -77.517  | -98.629  | -28.600  | -45.542   |
| SUM(Xi-Xf)         | 0       | -50.66   | -106.36 | -172.62  | -270.31  | -347.83  | -446.46  | -475.06  | -520.60   |
| Km.                | 0       | -50.66   | -106.36 | -172.62  | -270.31  | -347.83  | -446.46  | -475.06  | -520.60   |

| Resultados   | h0    | h1     | h2      | h3      | h4      | h5      | h6      | h7      | h8      |
|--------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    | 0.600 | 0.550  | 0.500   | 0.450   | 0.400   | 0.380   | 0.370   | 0.369   | 0.368   |
| Distancia(m) | 0.00  | -50.66 | -106.36 | -172.62 | -270.31 | -347.83 | -446.46 | -475.06 | -520.60 |

E.H. Tramo 1

| Datos                   |        |
|-------------------------|--------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=  | 0.107  |
| i [m/m]=                | 0.0015 |
| n=                      | 0.015  |
| z=                      | 0.4    |
| B [m]=                  | 0.3    |
| Partición de Alturas[m] |        |
| h inicial(h0)=          | 0.220  |
| h1=                     | 0.250  |
| h2=                     | 0.270  |
| h3=                     | 0.300  |
| h4=                     | 0.310  |
| h5=                     | 0.320  |
| h6=                     | 0.330  |
| h7=                     | 0.340  |
| h8=                     | 0.345  |

| Cálculos           | h0      | h1       | h2       | h3        | h4        | h5       | h6        | h7       | h8       |
|--------------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| h                  | 0.220   | 0.250    | 0.270    | 0.300     | 0.310     | 0.320    | 0.330     | 0.340    | 0.345    |
| A                  | 0.085   | 0.100    | 0.110    | 0.126     | 0.131     | 0.137    | 0.143     | 0.148    | 0.151    |
| Pm                 | 0.774   | 0.839    | 0.882    | 0.946     | 0.968     | 0.989    | 1.011     | 1.032    | 1.043    |
| Rh                 | 0.110   | 0.119    | 0.125    | 0.133     | 0.136     | 0.138    | 0.141     | 0.144    | 0.145    |
| V                  | 1.254   | 1.070    | 0.971    | 0.849     | 0.814     | 0.781    | 0.751     | 0.722    | 0.708    |
| V <sup>2</sup> /2g | 0.080   | 0.058    | 0.048    | 0.037     | 0.034     | 0.031    | 0.029     | 0.027    | 0.026    |
| B                  | 0.300   | 0.308    | 0.318    | 0.337     | 0.344     | 0.351    | 0.359     | 0.367    | 0.371    |
| J                  | 0.00668 | 0.00439  | 0.00340  | 0.00239   | 0.00214   | 0.00192  | 0.00173   | 0.00156  | 0.00148  |
| Jm                 | -       | 0.00554  | 0.00389  | 0.00289   | 0.00226   | 0.00203  | 0.00182   | 0.00164  | 0.00152  |
| Jm-i               | -       | 0.0040   | 0.0024   | 0.0014    | 0.0008    | 0.0005   | 0.0003    | 0.0001   | 0.0000   |
| Bi-Bf              | -       | -0.00824 | -0.00972 | -0.018658 | -0.007017 | -0.00733 | -0.007602 | -0.00784 | -0.004   |
| Xi-Xf              | -       | -2.043   | -4.062   | -13.403   | -9.222    | -13.918  | -23.601   | -54.887  | -190.948 |
| SUM(Xi-Xf)         | 0       | -2.04    | -6.11    | -19.51    | -28.73    | -42.65   | -66.25    | -121.14  | -312.08  |
| Km                 | 0       | -2.04    | -6.11    | -19.51    | -28.73    | -42.65   | -66.25    | -121.14  | -312.08  |

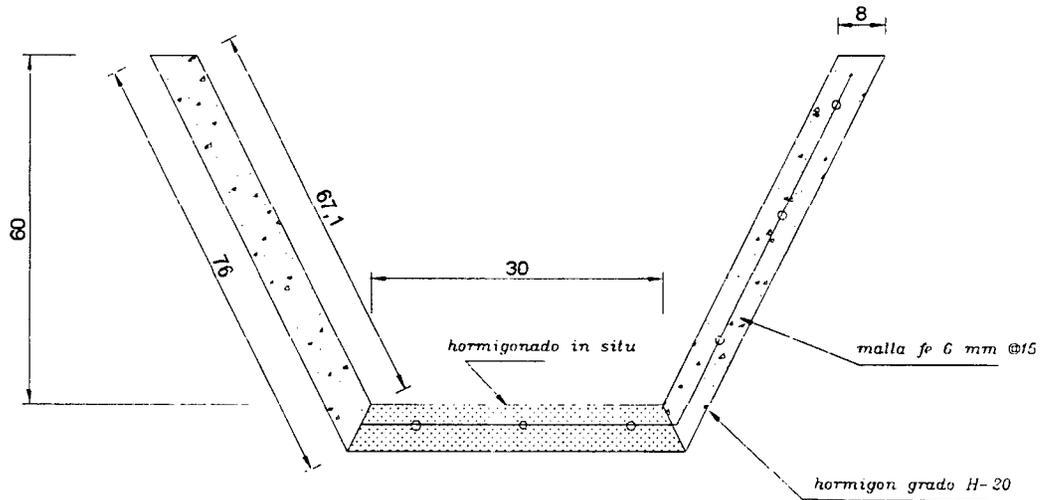
| Resultados   | h0    | h1    | h2    | h3     | h4     | h5     | h6     | h7      | h8      |
|--------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Altura(m)    | 0.220 | 0.250 | 0.270 | 0.300  | 0.310  | 0.320  | 0.330  | 0.340   | 0.345   |
| Distancia(m) | 0.00  | -2.04 | -6.11 | -19.51 | -28.73 | -42.65 | -66.25 | -121.14 | -312.08 |

Así, al inicio de los tramos se tendrá una altura, bajo las condiciones descritas, inferior a la cota de borde proyectada.

### 3. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir el canal con losetas de hormigón H20, utilizando acero  $\Phi 6@15$  tanto en muros como en radieres. La geometría y estructuración del canal, es la siguiente:

**Loseta:**



*Medidas en milímetros  
Modulación 50 cms  
Peso aprox. 71 kg*

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
**Ingeniero Civil**

# “Proyecto de Revestimiento Canal Las Mercedes”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del Canal Las Mercedes.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 1575 [l/s] el cuál representa los derechos de los regantes a beneficiar.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Altura Crítica**

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$ = Altura crítica

$q$ = Caudal unitario

$g$ = Aceleración de gravedad

#### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### **1.6 Verificaciones de Diseño**

##### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{crítico}}$$

##### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Máx}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Máx} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{Min}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Min} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

El tramo a diseñar corresponde a unos 2Km de canal, desde bocatoma a carretera ruta 5 sur. El tramo tiene muy poca pendiente, por lo que al estar excavado en tierra produce mala conducción de las aguas, a lo que se le suma la alta rugosidad que causa el crecimiento de algas. Por lo anterior, se propone su revestimiento para bajar la rugosidad tanto de las paredes como el radier, y así mejorar la conducción de las aguas.

### 2.2 Diseño Sección Hidráulica

Longitud a revestir: 2050 m

Pendiente de diseño: 0.0007 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 1575 \text{ [l/s]} = 1.575 \text{ [m}^3\text{/s]}$

$i_{\text{diseño}} = 0.7 \text{ ‰}$

Para canal rectangular con  $B = 1.80 \text{ m}$ , se tiene:

$h_n = 0.86 \text{ m}$ ;  $V_n = 1.02 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.43 \text{ m}$  y  $V_c = 2.05 \text{ [m/s]}$

$F(\text{Fraude}) = 0.35 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.129 \text{ m} \rightarrow$  tomando 20cm de revancha

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.80\text{m}$$

$$H = 1.05\text{m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.86. \text{ m y } V_n = 1.02 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.91 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.64 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.42 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 1.02 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.3 Eje Hidráulico

A continuación se desarrolla el eje hidráulico del tramo a intervenir. Se toma como condición desfavorable el desbordamiento al término del tramo aguas abajo ( $h_0 = 1.05$  m). Así:

| Datos                          | Cálculos           | h0      | h1        | h2       | h3       | h4       | h5        | h6       | h7       | h8        |
|--------------------------------|--------------------|---------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]= 1.575   | h                  | 1.050   | 1.000     | 0.950    | 0.900    | 0.890    | 0.880     | 0.870    | 0.860    | 0.860     |
| i [m/m]= 0.0007                | A                  | 1.890   | 1.800     | 1.710    | 1.620    | 1.602    | 1.584     | 1.566    | 1.548    | 1.547     |
| n= 0.015                       | Pm                 | 3.900   | 3.800     | 3.700    | 3.600    | 3.580    | 3.560     | 3.540    | 3.520    | 3.519     |
| B [m]= 1.80                    | Rh                 | 0.485   | 0.474     | 0.462    | 0.450    | 0.447    | 0.445     | 0.442    | 0.440    | 0.440     |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> | V                  | 0.833   | 0.875     | 0.921    | 0.972    | 0.983    | 0.994     | 1.006    | 1.017    | 1.018     |
| h inicial(h0)= 1.050           | V <sup>2</sup> /2g | 0.035   | 0.039     | 0.043    | 0.048    | 0.049    | 0.050     | 0.052    | 0.053    | 0.053     |
| h1= 1.000                      | B                  | 1.085   | 1.039     | 0.993    | 0.948    | 0.939    | 0.930     | 0.922    | 0.913    | 0.912     |
| h2= 0.950                      | J                  | 0.00041 | 0.00047   | 0.00053  | 0.00062  | 0.00064  | 0.00065   | 0.00068  | 0.00070  | 0.00070   |
| h3= 0.900                      | Jm                 | -       | 0.00044   | 0.00050  | 0.00058  | 0.00063  | 0.00065   | 0.00067  | 0.00069  | 0.00070   |
| h4= 0.890                      | Jm-i               | -       | -0.0003   | -0.0002  | -0.0001  | -0.0001  | -0.0001   | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000    |
| h5= 0.880                      | Bi-Bf              | -       | 0.0463683 | 0.04578  | 0.04506  | 0.00891  | 0.0088728 | 0.008834 | 0.008793 | 0.0004385 |
| h6= 0.870                      | Xi-Xf              | -       | -177.320  | -229.310 | -361.787 | -120.515 | -161.729  | -252.725 | -620.894 | -146.442  |
| h7= 0.860                      | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -177.32   | -406.63  | -768.42  | -888.93  | -1050.66  | -1303.39 | -1924.28 | -2070.72  |
| h8= 0.860                      | Km.                | 0       | -177.32   | -406.63  | -768.42  | -888.93  | -1050.66  | -1303.39 | -1924.28 | -2070.72  |
| <b>Resultados</b>              |                    | h0      | h1        | h2       | h3       | h4       | h5        | h6       | h7       | h8        |
| Altura(m)                      |                    | 1.050   | 1.000     | 0.950    | 0.900    | 0.890    | 0.880     | 0.870    | 0.860    | 0.860     |
| Distancia(m)                   |                    | 0.00    | -177.32   | -406.63  | -768.42  | -888.93  | -1050.66  | -1303.39 | -1924.28 | -2070.72  |

Por, lo tanto, se tendrá altura menor a la de coronamiento, tendiendo a su condición de escurrimiento normal.

## 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Las Mercedes. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

### 3.1 Materiales

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

### 3.2 Bases de Cálculo

|                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Peso específico del suelo            | $\gamma_s = 2.0$ [T/m <sup>3</sup> ] |
| Angulo de fricción interna del suelo | $\phi = 30^\circ$                    |
| Coefficiente de empuje activo        | $K_a = 0.33$                         |
| Coefficiente de empuje sísmico       | $K_s = 0.16$                         |
| Peso específico hormigón             | $\gamma_h = 2.5$ [T/m <sup>3</sup> ] |

Tensiones admisibles del suelo:

$$\sigma_{\text{estático}} = 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{\text{sísmico}} = 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Generalidades

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $L > 2H$  y  $2B$  (L:largo paño). Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

#### 4.1.1 Armadura Transversal Muros

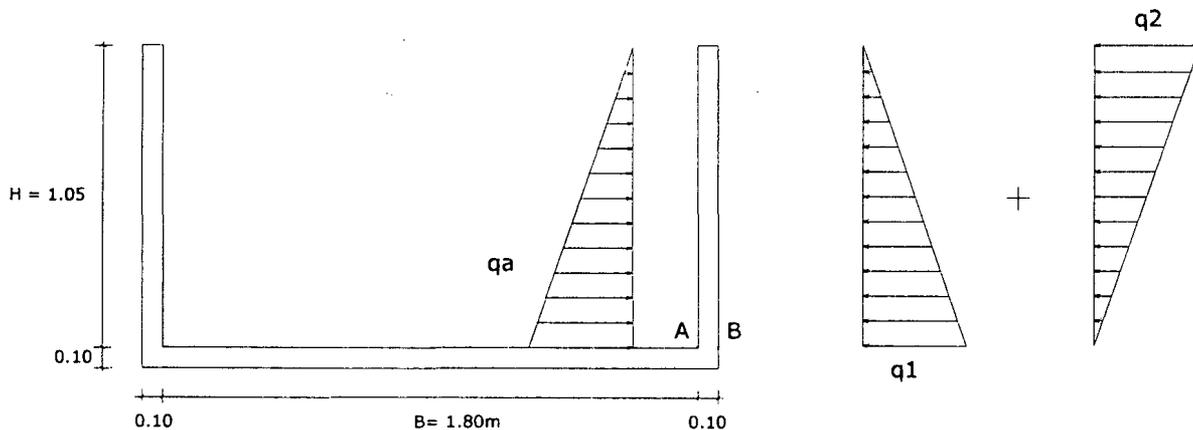
Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B = 1.80\text{m}$$

$$H = 1.05\text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.10\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



#### Cara Interior (Punto A)

$$q_a = \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 1.05^2 / 2 = 0.551 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 1666.7 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.193 \text{ [Tm/m]} = 19293.7 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{19293.7}{1666.7} = 11.57 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 \cdot 2.0 \cdot 1.05 = 0.693 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 \cdot 1.05 = 0.168 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.1891 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s\text{calc}} = 0.713 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{\text{min}} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{min}} = 1.68 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s\text{min}} = 0.56 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{\text{retrac}} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{retrac}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s\text{min}} < A_{s\text{retrac}}$ , se adopta  $A_{s\text{diseño}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-158, se tiene  $A_{s\text{disponible}} = 1.58 \text{ [cm}^2\text{/m]}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$

### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección. El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$$\alpha: \text{Coeficiente de dilatación térmica del hormigón} = 10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$$

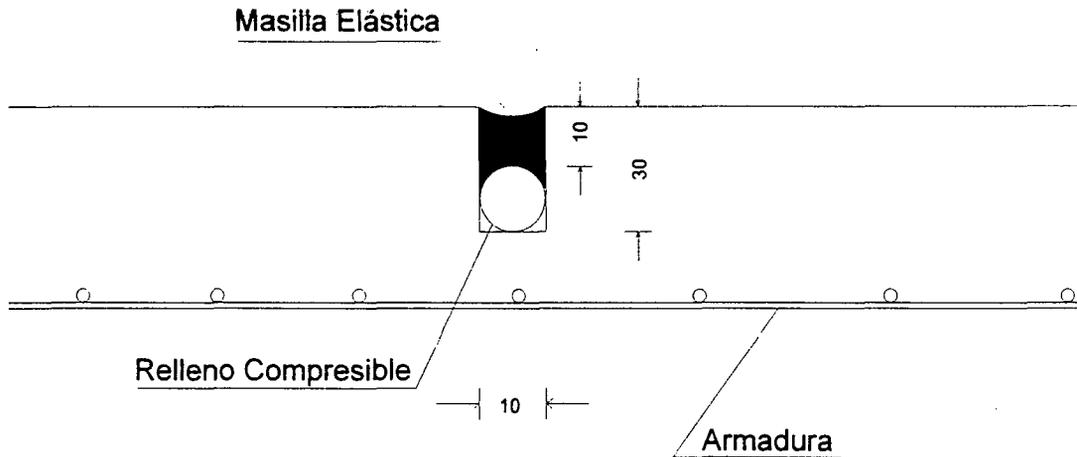
$$L = \text{Logitud paño} = 10000 \text{ [mm]}$$

$$\Delta T = \text{Gradiente de temperatura} = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$\Delta L = 3 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

### 4.3 Verificaciones

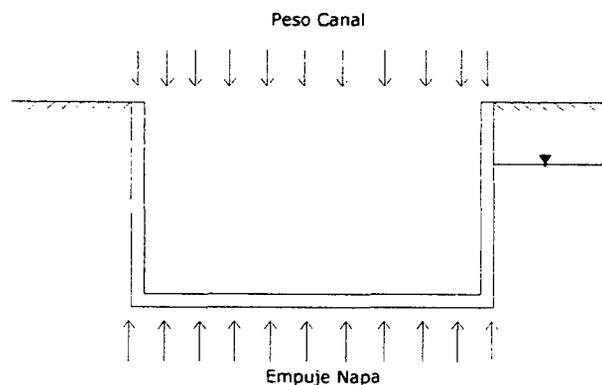
#### 4.3.1 Volcamiento y deslizamiento

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en relleno.

#### 4.3.2 Flotación

Debido a que el terreno natural no tiene las mismas condiciones que el relleno compactado, el efecto de la presión de poros es menor. Por lo anterior, se considerará como caso más desfavorable, que la altura de la napa llega a lo más al 40% de la altura útil del canal.

El caso es el siguiente:



Donde:

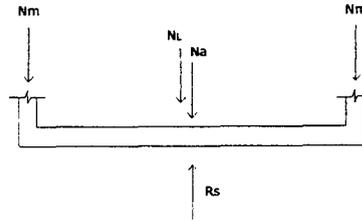
$$\text{Peso Canal} = e \cdot \gamma_H \cdot (B + 2e) + 2 \cdot e \cdot H \cdot \gamma_H = 1.025 \text{ [T/m]}$$

$$\text{Empuje Napa} = 0.4 \cdot (h + e) \cdot \gamma_a \cdot (B + 2e) = 0.92 \text{ [T/m]}$$

Como  $\text{Peso Canal} \geq \text{Empuje Napa}$ , no se necesita mecanismo para disminuir subpresión:

#### 4.4 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$ : Peso muro = 0.525 [T/m]

$N_L$ : Peso losa canal = 0.50 [T/m]

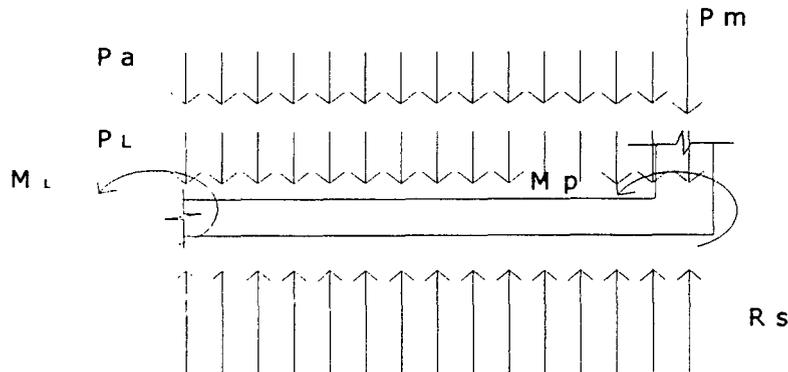
$$\sum N_i = 2.915 \text{ [T/m]}$$

$N_a$ : Peso agua = 1.89 [T/m]

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{2.915}{2.0} = 1.46 \text{ [T/m}^2\text{]} \rightarrow \sigma = 0.146 \text{ [kg/cm}^2\text{]} < 1.0 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.5 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L(B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{pared} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

$$\text{Con esto: } M(B/2) = 0.119 \text{ [T m]} \rightarrow A_{S_{calc}} = 0.45 \text{ [cm}^2\text{]}.$$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

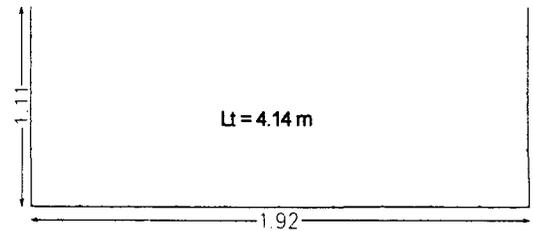
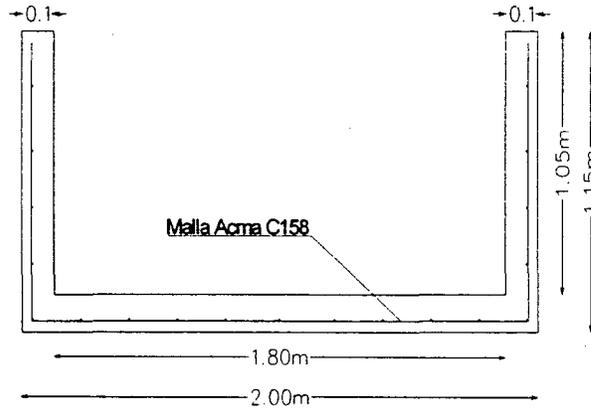
#### 4.6 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor solicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{retrac}} = A_{S_{long}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-158}$$

## 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-158, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres.



---

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

# “Proyecto Mejoramiento Sifón Cerro Colorado”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del Sifón Canal Cerro Colorado.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 600 [l/s] el cuál representa los derechos de los regantes a beneficiar.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.013 (Tubería de Concreto) de acuerdo a los estipulado en norma NCh 1105 of 99

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Altura Crítica**

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$  = Altura crítica

$q$  = Caudal unitario

$g$  = Aceleración de gravedad

#### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### **1.6 Verificaciones de Diseño**

##### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{critico}}$$

##### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Max}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Max} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{Min}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Min} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

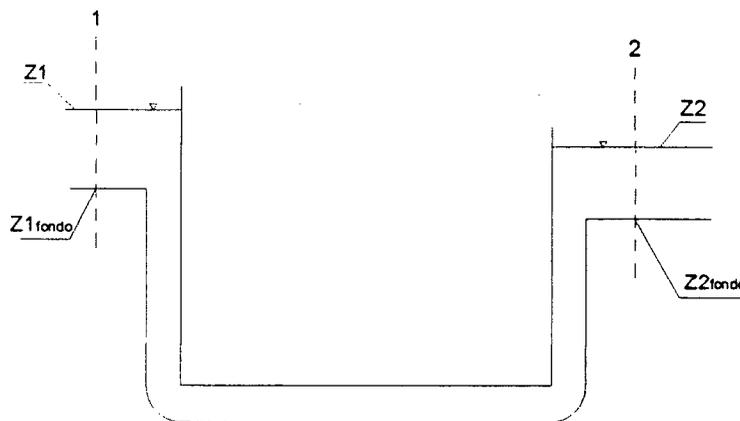
## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

El diseño contempla el mejoramiento del sifón Cerro Colorado. Actualmente dicho sifón se encuentra por sobre el lecho del estero Curanadú en muy malas condiciones, ya que se encuentra roto en varios tramos de su trazado horizontal. Por lo anterior, se propone su diseño por debajo del lecho del estero, para así evitar esfuerzos horizontales en las crecidas, y mejorar la conducción y peraltamiento aguas arriba. Se mantienen los revestimiento de entrada y salida.

### 2.2 Diseño Sifón

Se diseñará este tramo contemplado la carga necesaria para el adecuado funcionamiento del sifón existente. Esquemáticamente, se tiene lo siguiente:



Aplicando conservación de energía entre 1 y 2, se tiene:

$$H_2 = H_1 - \Omega_T$$

Donde:

$H_1$  = Carga hidráulica de la sección 1 [m]

$H_2$  = Carga hidráulica de la sección 2 [m]

$\Omega_T$  = Pérdidas de carga totales del sifón [m]

Las pérdidas totales ( $\Omega_T$ ), vienen dadas por la suma de las pérdidas regulares ( $\Omega_r$ ) y las singulares ( $\Omega_s$ ). Analizando cada una de ellas, se tiene lo siguiente:

a. Pérdidas regulares

Se considera la relación de Hazen-Williams:

$$\Omega_r = L \cdot \frac{10.675}{C^{1.852}} \cdot \frac{Q^{1.852}}{D^{4.8704}}$$

b. Pérdidas singulares

Se encuentran dadas por la siguiente relación:

$$\Omega_s = K_T \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde  $K_T$  es la suma de todas las pérdidas singulares consideradas, esto es:

b.1 Entrada: Pérdida de carga debido al paso de un flujo de contorno abierto a uno cerrado

$$K_e = 0.5$$

b.2 Codos: Pérdida de carga debido al cambio de dirección del flujo

$$K_c = 0.5$$

b.3 Salida: Pérdida de carga debido al paso de un flujo de contorno cerrado a uno abierto

$$K_s = 1.0$$

Se analizará para dos casos, con el 100% $Q_d$  y 50%  $Q_d$ :

**Cálculo para 100% $Q_d$ :**

El coeficiente de rugosidad C utilizado para la tubería de 600mm proyectada en el atravesado es de  $C=120$ . Así, se tienen los siguientes valores:

$Q=Q_d=0.600$  [ $m^3/s$ ];  $L=30m$ ;  $D=0.6m$  y  $C=120$ . Luego:

$$\Omega_r = 0.211 \text{ m}$$

Para el cálculo de las pérdidas regulares, se tiene lo siguiente:

$$V = \frac{Q}{A} = 2.12 \text{ [m/s]}, \text{ con } K_T = 2.5 \rightarrow \Omega_s = 0.574 \text{ m}$$

Luego,  $\Omega_T = 0.574 + 0.211 = 0.785 \text{ m}$

Aplicando C.E., se tiene:

$$Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - 0.785$$

Tomando en la sección 2, escurrimiento normal:  $h_n = 1.0 \text{ m}$ ;  $V_n = 0.86 \text{ [m/s]} \rightarrow H_2 = 99.91 \text{ m}$

$$99.91 = Z_1 + \frac{Q^2}{2gb^2(Z_1 - Z_{Fondo})^2} - 0.785$$

Con  $Z_{Fondo} = 99.83 \text{ m}$ ;  $b = 0.7 \text{ m}$ , e iterando, se obtiene el siguiente valor de  $Z_1$ :

$$Z_1 = 100.64 \text{ m}$$

Así, la altura de agua en la sección 1 ( $h_1$ ) es de:

$$h_1 = Z_1 - Z_{Fondo} = 100.64 - 99.83 = 0.81 \text{ m}$$

**Cálculo para 50% $Q_d$ :**

$Q = 50\%Q_d = 0.300$  [ $m^3/s$ ];  $L = 30m$ ;  $D = 0.6m$  y  $C = 120$ . Luego:

$$\Omega_r = 0.058 \text{ m}$$

Para el cálculo de las pérdidas regulares, se tiene lo siguiente:

$$V = \frac{Q}{A} = 1.06 \text{ [m/s]}, \text{ con } K_T=2.5 \rightarrow \Omega_s = 0.143 \text{ m}$$

Luego,  $\Omega_T = 0.202 \text{ m}$

Tomando en la sección 2, escurrimiento normal:  $h_n = 0.56 \text{ m}$ ;  $V_n = 0.76 \text{ [m/s]} \rightarrow H_2 = 99.46 \text{ m}$

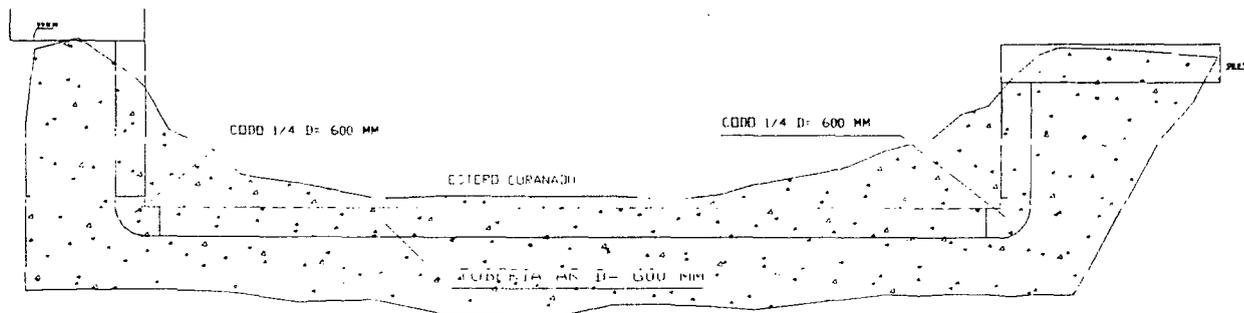
Desarrollando con C.E., y con  $Z_{\text{Fondo}} = 99.83 \text{ m}$ , se tiene:

$Z_1 = 100.1 \text{ m}$ , así, la altura de agua al inicio del sifón para un caudal  $50\%Q_d$  es:

$$h_1 = 100.1 - 99.83 = 0.27 \text{ m} = h_c$$

### 3. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL SIFÓN

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir el sifón con tuberías AR y 2 codos  $\frac{1}{4}$  de  $D = 600 \text{ mm}$ , para poder conducir las aguas a por debajo del estero Curanadú.



**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

# “Proyecto Canoa Puente Medina”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica de la Canoa Puente Medina.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 225 [l/s] el cual representa los derechos de los regantes a beneficiar.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cual se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

- Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]
- A: Area mojada [m<sup>2</sup>]
- R: Radio Hidráulico [m]
- i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]
- n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Para el diseño, se adopta los valores entregados por el fabricante de tuberías de HDPE, esto es, n= 0.009.

#### 1.4 Altura Crítica

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

- h<sub>c</sub>= Altura crítica
- q= Caudal unitario
- g= Aceleración de gravedad

### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 80% del diámetro de la tubería para escurrimiento de flujo normal, de manera de asegurar escurrimiento gravitacional.

### **1.6 Verificaciones de Diseño**

#### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{critico}}$$

#### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Mdx}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Mdx} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

#### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{Min}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Min} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

El diseño corresponde al atraveso del canal Puente Medina por sobre el estero Caliboro. Actualmente este atraveso se encuentra hecho mediante un sistema de canoa de madera cuyo estado es pésimo, ya que se pierde gran cantidad de los derechos los cuales van a dar al estero. Por lo anterior, se propone el atraveso mediante una tubería de PVC con un marco autosoportante de acero para evitar la pérdida de agua hacia los regantes aguas abajo de la canoa.

### 2.2 Diseño Sección Hidráulica

Longitud de atraveso: 25 m

Pendiente de diseño: 0.00071 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 225 \text{ [l/s]} = 0.225 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $i_{\text{diseño}} = 0.71 \text{ ‰}$

Para tubería con  $D = 0.60 \text{ m}$ , se tiene:

$h_n = 0.47 \text{ m}$ ;  $V_n = 0.95 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.31 \text{ m}$  y  $V_c = 1.54 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude}) = 0.44 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Revancha:  $\Delta y = 20\%h = 0.47/0.60 = 0.78 < 80\%D$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

Tubería HPDE PN-4 DN= 630 mm

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.47 \text{ m y } V_n = 0.95 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.51 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = 0.43 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.19 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 0.95 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

# “Proyecto de Revestimiento Canal Aguas Blancas”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del canal Aguas Blancas.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 41.55 [l/s] el cuál representa los derechos de los 5 regantes a beneficiar. El caudal resulta ser pequeño, por lo cuál se consultará el revestimiento mediante losetas de hormigón.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

- Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]
- A: Area mojada [m<sup>2</sup>]
- R: Radio Hidráulico [m]
- i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]
- n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

Tabla 1: *Coefficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)*

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### 1.4 Revancha

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento con un mínimo de 20 cm., lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales. Se dispone de una altura menor para aquellos casos en que se justifica su adopción.

#### 1.5 Verificaciones de Diseño

##### 1.5.1 Velocidad Máxima

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{M\acute{a}x}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{M\acute{a}x} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### 1.5.2 Velocidad Mínima

Las velocidades mínimas ( $V_{M\acute{i}n}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{M\acute{i}n} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \text{ [m/s]}$$

### 2. DISEÑO HIDRÁULICO

#### 2.1 Introducción

El tramo a diseñar es desde un salto existente hasta 490.5 m aguas abajo, enlazando con tubería que atraviesa bajo puente en camino público. Se revestirá el sector mediante losetas de hormigón, y se diseñará saltillo con dissipador de energía.

#### 2.2 Análisis

Actualmente el canal se encuentra colapsado y tiene problemas de filtraciones debido a roturas por cuevas de camarones, generando pérdidas de los derechos de aguas en aproximadamente 60% de la totalidad de los derechos. Al observar la topografía realizada, se aprecia una pendiente media de 5‰ en dos tramos claramente diferenciados, por lo que se tratará de diseñar dos tramos para seguir con la pendiente media de la subrasante. El saltillo se materializará mediante revestimiento de hormigón armado, de manera de poder confinar la disipación de energía.

#### 2.3 Diseño Tramo 1 (KM. 0.1007 a 0.5015)

$$\left. \begin{array}{l} \text{Cota radier de entrada: 97.412 m} \\ \text{Cota radier de salida: 96.410 m} \\ \text{Longitud a revestir: 400.8 m} \end{array} \right\} \text{Pendiente disponible: } i=0.0025 \text{ [m/m]}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 41.55 \text{ [l/s]} \approx 0.045 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$i_{\text{diseño}} = 0.25\%$$

Por motivos constructivos, se adopta ancho del diámetro tubería mayor (0.5 m).

Así con  $b=0.5 \text{ m}$ .  $\rightarrow h_n=0.14 \text{ m}$ ;  $V_n=0.66 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c=0.09 \text{ m}$  y  $V_c=0.94 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude})=0.57 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$   
 Adicionando revancha:  $\Delta y=15\%h = 0.02 \text{ m} \rightarrow H=h+\Delta y= 0.16\text{m}$

Por el lado de seguridad, la sección adoptada es la siguiente:

$$B= 0.50\text{m} \quad H= 0.30\text{m}$$

Verificaciones:

a) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=0.66 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.4 Diseño Tramo 2 (KM. 0.013 a 0.1007)

### 2.4.1 Canoa

|                                  |   |  |
|----------------------------------|---|--|
| Cota radier de entrada: 97.982 m | } | Pendiente disponible: $i=0.0065 \text{ [m/m]}$ |
| Cota radier de salida: 97.412m   |   |  |
| Longitud a revestir: 87.7 m      |   |  |

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 41.55 \text{ [l/s]} \approx 0.045 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $b= 0.5 \text{ m}$   
 $i_{\text{diseño}} = 0.65\%$

$h_n=0.10 \text{ m}$ ;  $V_n=0.92 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c=0.09 \text{ m}$  y  $V_c=0.94 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude})=0.93 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$   
 Adicionando revancha:  $\Delta y=15\%h = 0.02 \text{ m} \rightarrow H=h+\Delta y= 0.12\text{m}$

Por razones de constructivas se adopta idéntica sección a la anterior. Así, la sección adoptada es la siguiente:

$$B= 0.50\text{m} \quad H= 0.30\text{m}$$

Verificaciones:

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=0.92 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### Cálculo Eje Hidráulico

Para condición de desbordamiento al final del sector ( $h_0=0.30\text{m}$ ), se tiene altura normal a inicio tramo 1  $h_n=0.136\text{ m}$  (ver tabla 1). Con esto último, para inicio de tramo 2 se tiene altura de  $h=0.10\text{ m}$  (ver tabla 2), la cuál se utilizará para verificación del saltillo.

#### 2.4.2 Salto con Colchón Disipador

Con  $a=1.15\text{ m}$  y  $h_c'=0.14\text{ m} \rightarrow a/h_c'=8.21 > 3$ , por lo tanto el espacio bajo la napa no está lleno de líquido. Resalto es rechazado.

Ahora, para tubería con  $d=0.5$ ,  $V_c'=0.99\text{ [m/s]}$  (caso desfavorable)  
 $X(t)=0.99 t\text{ [m]}$  y  $Y(t)=-9.81/2 t^2\text{ [m]}$ . Para  $Y=-1.15\text{ [m]} \rightarrow t=0.484\text{ [s]} \rightarrow X=0.48\text{ [m]}$ . Así  $X=l_c$  (Longitud de caída)

Observando la figura 201.a de F.J.Dominguez con  $n=1$ ,  $a'=0.1\text{m}$  se tiene lo siguiente:

$h_1 = 0.10\text{ [m]} \rightarrow K = a'/h_c = 1.1$  y  $X_1=1.1 \rightarrow X_0 = 2.75=h_0/h_c \rightarrow h_0'=0.248\text{ [m]}$  (Altura antes de la grada)

Ahora, utilizando las relaciones de Rand:

$$\frac{h'}{a} = 0.54 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{1.275} = 0.024\text{ m}$$

$$\frac{h_0}{a} = 1.66 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{0.810} = 0.24\text{ m}$$

Así, como  $h_0' > h_0$ , el resalto quedará confinado en el colchón disipador.

Utilizando la fórmula de Belanger:

$$\frac{h'}{h_0} = \frac{1}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + 8\mathfrak{F}_0^2} - 1 \right)$$

$$\mathfrak{F}_0 = \frac{V_0}{\sqrt{g h_0}} = 0.244 \rightarrow h' = 0.0259\text{ [m]} \text{ (altura resalto conjugado)}$$

Luego, utilizando la fórmula de Alamos y Gallardo (con altura al inicio del resalto dado por Rand, caso más desfavorable):  $L_r = 18-20 X_0 \rightarrow l_r = 1.14\text{ [m]}$  (longitud de resalto)

Así la longitud del colchón disipador es de  $L_T = l_c + l_r = 1.62\text{ [m]}$

De manera conservadora, se elige  $L_T = 2.0\text{ [m]}$

**Tabla 1: Eje Hidráulico Tramo 1**

| Datos                   |        |
|-------------------------|--------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=  | 0.045  |
| i [m/m]=                | 0.0025 |
| n=                      | 0.015  |
| B [m]=                  | 0.5    |
| Partición de Alturas[m] |        |
| h inicial(h0)=          | 0.300  |
| h1=                     | 0.280  |
| h2=                     | 0.260  |
| h3=                     | 0.240  |
| h4=                     | 0.220  |
| h5=                     | 0.200  |
| h6=                     | 0.180  |
| h7=                     | 0.160  |
| h8=                     | 0.140  |
| h9=                     | 0.137  |
| h10=                    | 0.136  |

| Cálculos           | h0      | h1        | h2      | h3      | h4      | h5      | h6       | h7      | h8       | h9       | h10       |
|--------------------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|-----------|
| h                  | 0.300   | 0.280     | 0.260   | 0.240   | 0.220   | 0.200   | 0.180    | 0.160   | 0.140    | 0.137    | 0.136     |
| A                  | 0.150   | 0.140     | 0.130   | 0.120   | 0.110   | 0.100   | 0.090    | 0.080   | 0.070    | 0.069    | 0.068     |
| Pm                 | 1.100   | 1.060     | 1.020   | 0.980   | 0.940   | 0.900   | 0.860    | 0.820   | 0.780    | 0.774    | 0.771     |
| Rh                 | 0.136   | 0.132     | 0.127   | 0.122   | 0.117   | 0.111   | 0.105    | 0.098   | 0.090    | 0.089    | 0.088     |
| V                  | 0.300   | 0.321     | 0.346   | 0.375   | 0.409   | 0.450   | 0.500    | 0.563   | 0.643    | 0.657    | 0.663     |
| V <sup>2</sup> /2g | 0.005   | 0.005     | 0.006   | 0.007   | 0.009   | 0.010   | 0.013    | 0.016   | 0.021    | 0.022    | 0.022     |
| B                  | 0.305   | 0.285     | 0.266   | 0.247   | 0.229   | 0.210   | 0.193    | 0.176   | 0.161    | 0.159    | 0.158     |
| J                  | 0.00029 | 0.00035   | 0.00042 | 0.00052 | 0.00066 | 0.00085 | 0.00114  | 0.00159 | 0.00231  | 0.00246  | 0.00253   |
| Jm                 | -       | 0.00032   | 0.00038 | 0.00047 | 0.00059 | 0.00076 | 0.00100  | 0.00136 | 0.00195  | 0.00239  | 0.00250   |
| Jm-i               | -       | -0.0022   | -0.0021 | -0.0020 | -0.0019 | -0.0017 | -0.0015  | -0.0011 | -0.0006  | -0.0001  | 0.0000    |
| Bi-Bf              | -       | 0.0193206 | 0.01916 | 0.01894 | 0.01864 | 0.01821 | 0.017577 | 0.01661 | 0.015058 | 0.002066 | 0.0008962 |
| Xi-Xf              | -       | -8.851    | -9.049  | -9.331  | -9.753  | -10.436 | -11.693  | -14.608 | -27.362  | -18.472  | -288.704  |
| SUM(Xi-Xf)         | 0       | -8.85     | -17.90  | -27.23  | -36.98  | -47.42  | -59.11   | -73.72  | -101.08  | -119.56  | -408.26   |
| Km.                | 0       | -8.85     | -17.90  | -27.23  | -36.98  | -47.42  | -59.11   | -73.72  | -101.08  | -119.56  | -408.26   |

| Resultados   | h0    | h1    | h2     | h3     | h4     | h5     | h6     | h7     | h8      | h9      | h10     |
|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    | 0.300 | 0.280 | 0.260  | 0.240  | 0.220  | 0.200  | 0.180  | 0.160  | 0.140   | 0.137   | 0.136   |
| Distancia(m) | 0.00  | -8.85 | -17.90 | -27.23 | -36.98 | -47.42 | -59.11 | -73.72 | -101.08 | -119.56 | -408.26 |

**Tabla 2: Eje Hidráulico Tramo 2**

| Datos                   |        |
|-------------------------|--------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=  | 0.045  |
| i [m/m]=                | 0.0065 |
| n=                      | 0.015  |
| B [m]=                  | 0.5    |
| Partición de Alturas[m] |        |
| h inicial(h0)=          | 0.136  |
| h1=                     | 0.135  |
| h2=                     | 0.130  |
| h3=                     | 0.125  |
| h4=                     | 0.120  |
| h5=                     | 0.115  |
| h6=                     | 0.110  |
| h7=                     | 0.105  |
| h8=                     | 0.100  |
| h9=                     | 0.095  |
| h10=                    | 0.090  |

| Cálculos           | h0      | h1        | h2      | h3      | h4      | h5      | h6       | h7      | h8       | h9       | h10       |
|--------------------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|-----------|
| h                  | 0.136   | 0.135     | 0.130   | 0.125   | 0.120   | 0.115   | 0.110    | 0.105   | 0.100    | 0.095    | 0.090     |
| A                  | 0.068   | 0.068     | 0.065   | 0.063   | 0.060   | 0.058   | 0.055    | 0.053   | 0.050    | 0.048    | 0.045     |
| Pm                 | 0.771   | 0.770     | 0.760   | 0.750   | 0.740   | 0.730   | 0.720    | 0.710   | 0.700    | 0.690    | 0.680     |
| Rh                 | 0.088   | 0.088     | 0.086   | 0.083   | 0.081   | 0.079   | 0.076    | 0.074   | 0.071    | 0.069    | 0.066     |
| V                  | 0.663   | 0.667     | 0.692   | 0.720   | 0.750   | 0.783   | 0.818    | 0.857   | 0.900    | 0.947    | 1.000     |
| V <sup>2</sup> /2g | 0.022   | 0.023     | 0.024   | 0.026   | 0.029   | 0.031   | 0.034    | 0.037   | 0.041    | 0.046    | 0.051     |
| B                  | 0.158   | 0.158     | 0.154   | 0.151   | 0.149   | 0.146   | 0.144    | 0.142   | 0.141    | 0.141    | 0.141     |
| J                  | 0.00253 | 0.00257   | 0.00286 | 0.00320 | 0.00361 | 0.00408 | 0.00465  | 0.00533 | 0.00615  | 0.00716  | 0.00841   |
| Jm                 | -       | 0.00255   | 0.00271 | 0.00303 | 0.00341 | 0.00384 | 0.00436  | 0.00499 | 0.00574  | 0.00665  | 0.00778   |
| Jm-i               | -       | -0.0040   | -0.0038 | -0.0035 | -0.0031 | -0.0027 | -0.0021  | -0.0015 | -0.0008  | 0.0002   | 0.0013    |
| Bi-Bf              | -       | 0.0004466 | 0.00322 | 0.003   | 0.00275 | 0.00245 | 0.002095 | 0.00167 | 0.001158 | 0.000535 | -0.000229 |
| Xi-Xf              | -       | -0.113    | -0.851  | -0.867  | -0.889  | -0.922  | -0.981   | -1.103  | -1.519   | 3.488    | -0.179    |
| SUM(Xi-Xf)         | 0       | -0.11     | -0.96   | -1.83   | -2.72   | -3.64   | -4.62    | -5.73   | -7.25    | -3.76    | -3.94     |
| Km                 | 0       | -0.11     | -0.96   | -1.83   | -2.72   | -3.64   | -4.62    | -5.73   | -7.25    | -3.76    | -3.94     |

| Resultados   | h0    | h1    | h2    | h3    | h4    | h5    | h6    | h7    | h8    | h9    | h10   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Altura(m)    | 0.136 | 0.135 | 0.130 | 0.125 | 0.120 | 0.115 | 0.110 | 0.105 | 0.100 | 0.095 | 0.090 |
| Distancia(m) | 0.00  | -0.11 | -0.96 | -1.83 | -2.72 | -3.64 | -4.62 | -5.73 | -7.25 | -3.76 | -3.94 |

### **3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL**

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Aguas Blancas. Se realiza el diseño de armaduras, así como las verificaciones de la obra.

#### **3.1 Materiales**

El hormigón a utilizar será de calidad H-20 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

### **4. DISEÑO ESTRUCTURAL**

#### **4.1 Armaduras**

Para efectos de diseño se dispondrá armadura de retracción, por estimarse que las solicitaciones son mínimas.

Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B= 0.50 \text{ m}$$

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

$$\text{Espesor}= 0.05 \text{ m (fondo y bordes)}$$

El peso estimado por metro de longitud de canaleta es de 144 [Kg/m]. Para tener 86.4 Kg de peso por tramo, se debe disponer de un avance de 0.60 [m]

Así, con  $L= 0.60$  [m]

$$\rho_{\text{retrac}}= 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{\text{retrac}}}=0.45 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Con malla Acma C139 para el avance disponible, se tiene que  $A_{s_{\text{proporc}}}=1.39$  [cm<sup>2</sup>], por lo que se dispondrá de esta malla para satisfacer este tipo de solicitud.

#### **4.3 Verificaciones**

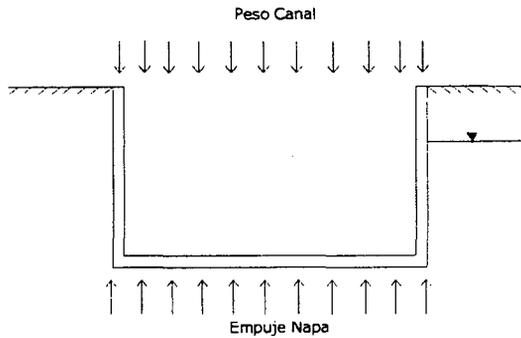
##### **4.3.1 Volcamiento y deslizamiento**

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por sus dimensiones y por estar el canal diseñado principalmente en relleno.

##### **4.3.2 Flotación**

Se realizará para el caso desfavorable donde el canal se encuentra vacío con nivel freático a un tercio de la superficie y sin roce suelo-hormigón.

El caso es el siguiente:



Donde:

$$\text{Peso Canal} = e \cdot \gamma_H \cdot (B + 2e) + 2 \cdot e \cdot H \cdot \gamma_H = 0.144 \text{ [T/m]}$$

$$\text{Empuje Napa} = (h + e) \cdot \gamma_a \cdot (B + 2e) = 0.140 \text{ [T/m]}$$

Como  $\text{Peso Canal} \geq \text{Empuje Napa}$ , no se necesita mecanismo para disminuir subpresiones.

#### 4.3.3 Tensión máxima admisible en fundación

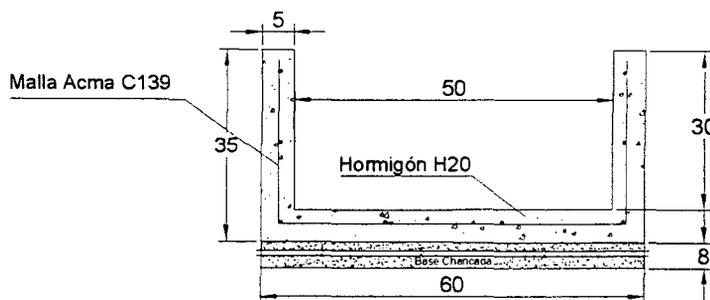
No se analiza este tipo de verificación por las dimensiones involucradas en el diseño.

### 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se debe contar con malla Acma C-139 (s/EB) tanto para la armadura de las losetas y saltillo. La geometría y estructuración del canal, es la siguiente:

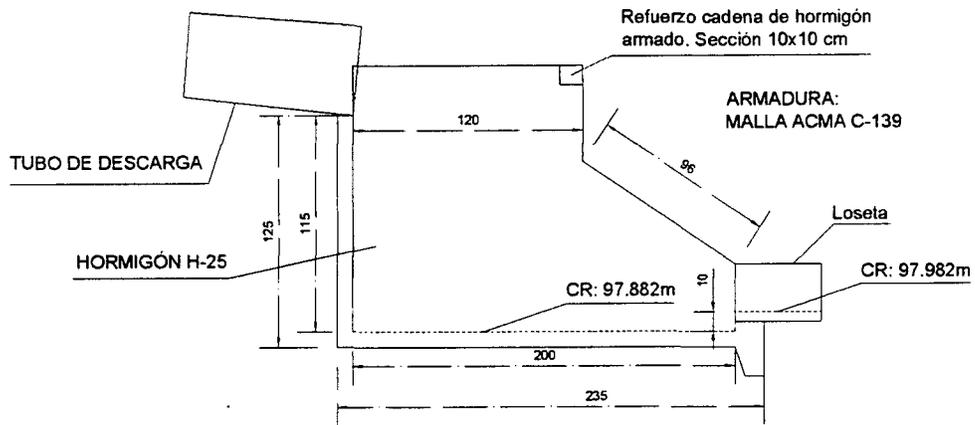
Canal:

#### SECCION LOSETA DE HORMIGÓN Tramos 1 y 2



\*Dimensiones en cms.

**Saltillo:**



\*Dimensiones en cms.

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

# “Proyecto de Revestimiento Canal Ramal El Aromo”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del Canal Ramal El Aromo.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 475 [l/s] el cuál representa los derechos de los regantes a beneficiar.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

- Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]
- A: Area mojada [m<sup>2</sup>]
- R: Radio Hidráulico [m]
- i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]
- n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Altura Crítica**

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$ = Altura crítica

$q$ = Caudal unitario

$g$ = Aceleración de gravedad

#### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### **1.6 Verificaciones de Diseño**

##### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{normal} \geq 1.10 B_{critico}$$

##### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Max}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Max} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{Min}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Min} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

El tramo a diseñar corresponde a unos 1600m de canal, desde entrega simple hasta entrega triple. El tramo se encuentra en terraplén y se encuentra con filtraciones causadas por cuevas de camarones. Por lo anterior, se propone su revestimiento para así mejorar la conducción de las aguas, así como la construcción de un saltillo dentro del tramo.

### 2.2 Diseño Tramo 1

Cota radier de entrada: 101.203 m  
Cota radier de salida: 100.555 m  
Longitud a revestir: 678 m

} Pendiente disponible:  $i=0.000956$  [m/m]

$$Q_{\text{diseño}} = 475 \text{ [l/s]} = 0.475 \text{ [m}^3\text{/s]}$$
$$i_{\text{diseño}} = 0.956 \text{ ‰}$$

Ahora, con  $B=1.10$  m.  $\rightarrow h_n=0.51$  m;  $V_n=0.85$  [m/s];  $h_c=0.27$  m y  $V_c=0.40$  [m/s]

$F(\text{Fraude})=0.38 < 1 \rightarrow$  Régimen de Río

Adicionando revancha:  $\Delta y=15\%h = 0.08$  m, se adopta revancha 20 cm

Así, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.10\text{m} \qquad H = 0.70\text{m}$$

Verificaciones:

a) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=0.85$  [m/s], la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### 2.3 Diseño Tramo 2

Cota radier de entrada: 100.203 m  
Cota radier de salida: 99.243 m  
Longitud a revestir: 960 m

} Pendiente disponible:  $i=0.001$  [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 475 \text{ [l/s]} = 0.475 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $B = 1.10$  m  
 $i_{\text{diseño}} = 0.1\%$

$h_n=0.50$  m;  $V_n=0.86$  [m/s];  $h_c=0.27$  m y  $V_c=0.40$  [m/s]

$F(\text{Fraude})=0.39 < 1 \rightarrow$  Régimen de Río

Adicionando revancha:  $\Delta y=15\%h = 0.08$  m, se adopta revancha 20 cm

Así, la sección adoptada es la siguiente:

$$B= 1.10\text{m} \quad H= 0.70\text{m}$$

Verificaciones:

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n=0.86$  [m/s], la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.4 Cálculo Eje Hidráulico

Para condición de desbordamiento al final del sector ( $h_0=0.70\text{m}$ ), se tiene altura normal a inicio tramo 2  $h_n=0.501$  m (ver tabla 2). Para el final de tramo 1 se tiene altura crítica de  $h_c=0.27$  m (ver tabla 2), así realizando el desarrollo del eje hidráulico para el inicio, se tiene  $h_0=0.51$  m.

## 2.5 Salto con Colchón Disipador

Con  $a= 0.50$  m y  $h_c=0.27$  m. Ahora, para  $V_c= 0.40$  [m/s] (caso desfavorable)  $X(t)=0.40 t$  [m] y  $Y(t)=-9.81/2 t^2$  [m]. Para  $Y=-0.5$  [m]  $\rightarrow t=0.319$  [s]  $\rightarrow X=0.127$  [m]. Así  $X=l_c$  (Longitud de caída)

Observando la figura 201.a de F.J.Domínguez con  $n=1$ , se tiene lo siguiente:

$h_1 = 0.501$  [m]  $\rightarrow K= a'/h_c= 0.555$  y  $X_1=1.855 \rightarrow X_0= 2.65=h_0/h_c \rightarrow h_0'=0.72$  [m] (Altura antes de la grada)

Ahora, utilizando las relaciones de Rand:

$$\frac{h'}{a} = 0.54 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{1.275} = 0.123 \text{ m}$$

$$\frac{h_0}{a} = 1.66 \left( \frac{h_c}{a} \right)^{0.810} = 0.504 \text{ m}$$

Así, como  $h_0' > h_0$ , el resalto quedará confinado en el colchón disipador.

Utilizando la fórmula de Belanger:

$$\frac{h'}{h_0} = \frac{1}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + 8\mathfrak{F}_0^2} - 1 \right)$$

$$\mathfrak{F}_0 = \frac{V_0}{\sqrt{g h_0}} = 0.385 \rightarrow h' = 0.121 \text{ [m]} \text{ (altura resalto conjugado)}$$

Luego, utilizando la fórmula de Alamos y Gallardo (con altura al inicio del resalto dado por Belanger, caso más desfavorable):  $L_r = 18-20 X_0 \rightarrow l_r = 2.44 \text{ [m]}$  (longitud de resalto)

Así la longitud del colchón disipador es de  $L_T = l_c + l_r = 2.57 \text{ [m]}$

De manera conservadora, se elige  $L_T = 3.0 \text{ [m]}$

### Eje Hidráulico para Sección Rectangular

| Datos                          |          | Cálculos           | h0      | h1        | h2       | h3      | h4       | h5        | h6        | h7       | h8        |
|--------------------------------|----------|--------------------|---------|-----------|----------|---------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Q [m3/s]=                      | 0.475    | h                  | 0.270   | 0.300     | 0.350    | 0.400   | 0.450    | 0.470     | 0.490     | 0.500    | 0.510     |
| i [m/m]=                       | 0.000956 | A                  | 0.297   | 0.330     | 0.385    | 0.440   | 0.495    | 0.517     | 0.539     | 0.550    | 0.561     |
| n=                             | 0.015    | Pm                 | 1.640   | 1.700     | 1.800    | 1.900   | 2.000    | 2.040     | 2.080     | 2.100    | 2.120     |
| B [m]=                         | 1.1      | Rh                 | 0.181   | 0.194     | 0.214    | 0.232   | 0.248    | 0.253     | 0.259     | 0.262    | 0.265     |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |          | V                  | 1.599   | 1.439     | 1.234    | 1.080   | 0.960    | 0.919     | 0.881     | 0.864    | 0.847     |
| h inicial(h0)=                 | 0.270    | V <sup>2</sup> /2g | 0.131   | 0.106     | 0.078    | 0.059   | 0.047    | 0.043     | 0.040     | 0.038    | 0.037     |
| h1=                            | 0.300    | B                  | 0.401   | 0.406     | 0.428    | 0.459   | 0.497    | 0.513     | 0.530     | 0.538    | 0.546     |
| h2=                            | 0.350    | J                  | 0.00562 | 0.00415   | 0.00268  | 0.00184 | 0.00133  | 0.00118   | 0.00106   | 0.00100  | 0.00095   |
| h3=                            | 0.400    | Jm                 | -       | 0.00488   | 0.00341  | 0.00226 | 0.00159  | 0.00126   | 0.00112   | 0.00103  | 0.00098   |
| h4=                            | 0.450    | Jm-i               | -       | 0.0039    | 0.0025   | 0.0013  | 0.0006   | 0.0003    | 0.0002    | 0.0001   | 0.0000    |
| h5=                            | 0.470    | Bi-Bf              | -       | -0.005205 | -0.02196 | -0.0318 | -0.03752 | -0.016087 | -0.016556 | -0.00843 | -0.008351 |
| h6=                            | 0.490    | Xi-Xf              | -       | -1.326    | -8.938   | -24.372 | -59.313  | -53.132   | -100.359  | -114.554 | -417.929  |
| h7=                            | 0.500    | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -1.33     | -10.26   | -34.64  | -93.95   | -147.08   | -247.44   | -361.99  | -779.92   |
| h8=                            | 0.510    | Km                 | 0       | -1.33     | -10.26   | -34.64  | -93.95   | -147.08   | -247.44   | -361.99  | -779.92   |

| Resultados   | h0    | h1    | h2     | h3     | h4     | h5      | h6      | h7      | h8      |
|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    | 0.270 | 0.300 | 0.350  | 0.400  | 0.450  | 0.470   | 0.490   | 0.500   | 0.510   |
| Distancia(m) | 0.00  | -1.33 | -10.26 | -34.64 | -93.95 | -147.08 | -247.44 | -361.99 | -779.92 |

Tabla 1: Eje hidráulico tramo 1

| Datos                          |       | Cálculos           | h0      | h1        | h2       | h3       | h4       | h5        | h6       | h7       | h8        |
|--------------------------------|-------|--------------------|---------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Q [m3/s]=                      | 0.475 | h                  | 0.700   | 0.650     | 0.600    | 0.550    | 0.520    | 0.510     | 0.505    | 0.503    | 0.501     |
| i [m/m]=                       | 0.001 | A                  | 0.770   | 0.715     | 0.660    | 0.605    | 0.572    | 0.561     | 0.556    | 0.553    | 0.551     |
| n=                             | 0.015 | Pm                 | 2.500   | 2.400     | 2.300    | 2.200    | 2.140    | 2.120     | 2.110    | 2.106    | 2.103     |
| B [m]=                         | 1.1   | Rh                 | 0.308   | 0.298     | 0.287    | 0.275    | 0.267    | 0.265     | 0.263    | 0.263    | 0.262     |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |       | V                  | 0.617   | 0.664     | 0.720    | 0.785    | 0.830    | 0.847     | 0.855    | 0.858    | 0.861     |
| h inicial(h0)=                 | 0.700 | V <sup>2</sup> /2g | 0.019   | 0.023     | 0.026    | 0.031    | 0.035    | 0.037     | 0.037    | 0.038    | 0.038     |
| h1=                            | 0.650 | B                  | 0.719   | 0.673     | 0.626    | 0.581    | 0.555    | 0.547     | 0.542    | 0.541    | 0.539     |
| h2=                            | 0.600 | J                  | 0.00041 | 0.00050   | 0.00062  | 0.00078  | 0.00090  | 0.00095   | 0.00097  | 0.00099  | 0.00099   |
| h3=                            | 0.550 | Jm                 | -       | 0.00046   | 0.00056  | 0.00070  | 0.00084  | 0.00093   | 0.00096  | 0.00098  | 0.00099   |
| h4=                            | 0.520 | Jm-i               | -       | -0.0005   | -0.0004  | -0.0003  | -0.0002  | -0.0001   | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000    |
| h5=                            | 0.510 | Bi-Bf              | -       | 0.0468981 | 0.046091 | 0.04498  | 0.026266 | 0.0086067 | 0.004272 | 0.001703 | 0.0014445 |
| h6=                            | 0.505 | Xi-Xf              | -       | -86.108   | -104.137 | -147.778 | -162.499 | -115.228  | -113.085 | -86.134  | -144.366  |
| h7=                            | 0.503 | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -86.11    | -190.25  | -338.02  | -500.52  | -615.75   | -728.84  | -814.97  | -959.34   |
| h8=                            | 0.501 | Km                 | 0       | -86.11    | -190.25  | -338.02  | -500.52  | -615.75   | -728.84  | -814.97  | -959.34   |

| Resultados   | h0    | h1     | h2      | h3      | h4      | h5      | h6      | h7      | h8      |
|--------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Altura(m)    | 0.700 | 0.650  | 0.600   | 0.550   | 0.520   | 0.510   | 0.505   | 0.503   | 0.501   |
| Distancia(m) | 0.00  | -86.11 | -190.25 | -338.02 | -500.52 | -615.75 | -728.84 | -814.97 | -959.34 |

Tabla 2: Eje hidráulico tramo 2

### **3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL**

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Ramal El Aromo. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

#### **3.1 Materiales**

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### **3.2 Bases de Cálculo**

|                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Peso específico del suelo            | $\gamma_s=2.0$ [T/m <sup>3</sup> ] |
| Angulo de fricción interna del suelo | $\phi=30^\circ$                    |
| Coefficiente de empuje activo        | $K_a=0.33$                         |
| Coefficiente de empuje sísmico       | $K_e=0.16$                         |
| Peso específico hormigón             | $\gamma_h=2.5$ [T/m <sup>3</sup> ] |

Tensiones admisibles del suelo:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{estático}} &= 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \\ \sigma_{\text{sísmico}} &= 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

### **4. DISEÑO ESTRUCTURAL**

#### **4.1 Generalidades**

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $L > 2H$  y  $2B$  (L:largo paño). Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

##### **4.1.1 Armadura Transversal Muros**

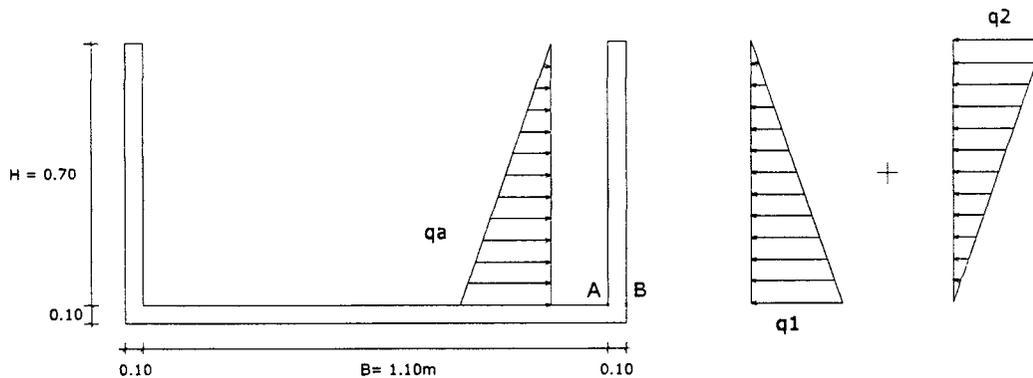
Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B = 1.10\text{m}$$

$$H = 0.70\text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.10\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes sollicitaciones:



### Cara Interior (Punto A)

$$q_a: \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 0.7^2 / 2 = 0.245 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 1666.7 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.0572 \text{ [Tm/m]} = 5716.7 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{5716.7}{1666.7} = 3.43 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 \cdot 2.0 \cdot 0.7 = 0.462 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sismico} = K_s H = 0.16 \cdot 0.7 = 0.112 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.056 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s\text{calc}} = 0.21 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{\text{min}} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{min}} = 1.68 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cual resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s\text{min}} = 0.56 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{\text{retrac}} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{retrac}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s\text{min}} < A_{s\text{retrac}}$ , se adopta  $A_{s\text{diseño}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-158, se tiene  $A_{S\text{disponible}}=1.58 \text{ [cm}^2\text{/m]}$  , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$

#### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección. El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación térmica del hormigón =  $10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$

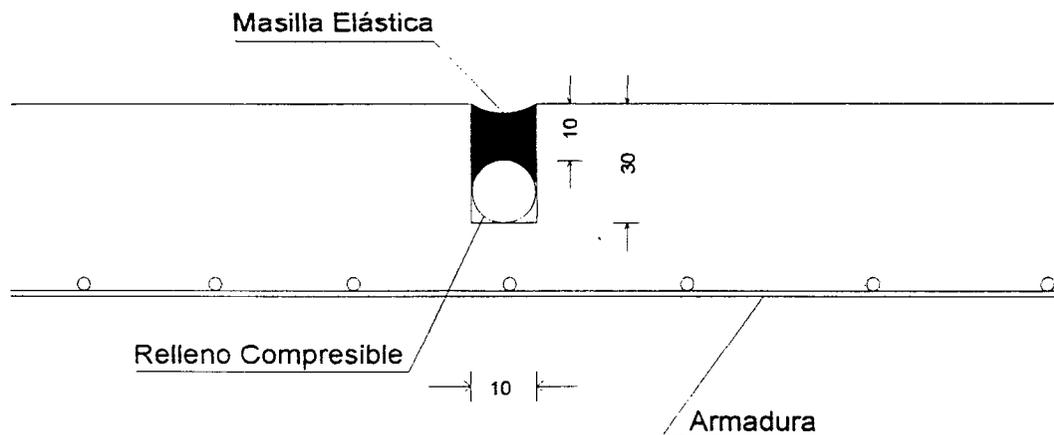
L = Longitud paño = 10000 [mm]

$\Delta T$  = Gradiente de temperatura = 30 [°C]

$\Delta L = 3 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

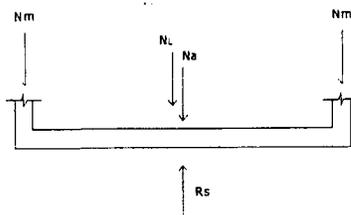
#### 4.3 Verificaciones

##### 4.3.1 Volcamiento, deslizamiento y flotación

No se realizará verificaciones de volcamiento, deslizamiento y flotación, por estar el canal diseñado en relleno y terraplén.

#### 4.4 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$  : Peso muro = 0.35 [T/m]

$N_L$  : Peso losa canal = 0.325 [T/m]

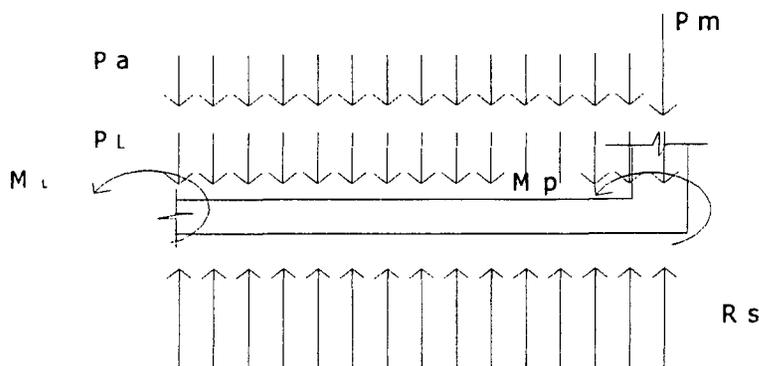
$$\sum N_i = 1.445 \text{ [T/m]}$$

$N_a$  : Peso agua = 0.77 [T/m]

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{1.445}{1.30} = 1.11 \text{ [T/m}^2\text{]} \rightarrow \sigma = 0.11 \text{ [kg/cm}^2\text{]} < 1.0 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.5 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes sollicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L (B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{\text{pared}} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

$$\text{Con esto: } M(B/2) = 0.0793 \text{ [T m]} \rightarrow A_{S_{\text{calc}}} = 0.30 \text{ [cm}^2\text{]}.$$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

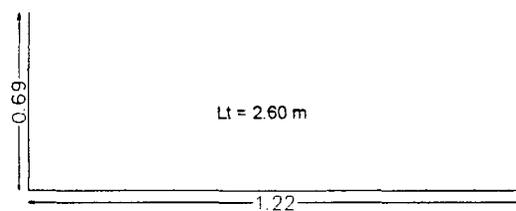
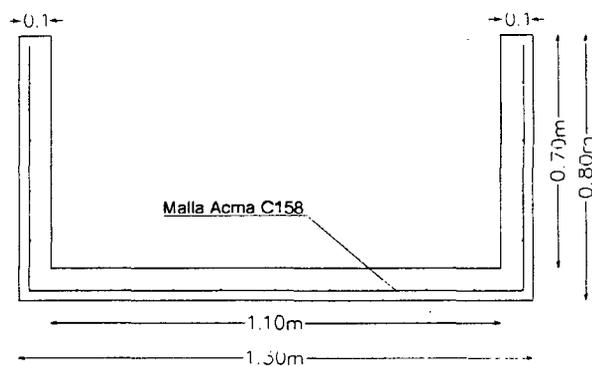
#### 4.6 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor sollicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{\text{retrac}}} = A_{S_{\text{long}}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-158}$$

## 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-158, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres.



---

**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

# “Proyecto de Revestimiento Canal La Perla”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del Canal La Perla.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 1850 [l/s].

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cual se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Altura Crítica**

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

- h<sub>c</sub>= Altura crítica
- q= Caudal unitario
- g= Aceleración de gravedad

#### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### **1.6 Verificaciones de Diseño**

##### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{normal} \geq 1.10 B_{critico}$$

##### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Mdx}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Mdx} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{Min}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Min} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

El tramo a diseñar corresponde a unos 1840m de canal, desde marco partidior triple hacia aguas arriba. En el sector se encuentran emplazados tres saltillo existentes, por lo que la filosofía de diseño contemplará la unión a los radiers de cada uno de los saltillos, verificando las alturas normales para cada tramo de revestimiento proyectado.

El sector donde se emplaza el proyecto, posee buena pendiente pero al estar excavado en tierra ha producido la erosión del fondo y taludes, lo que a su vez ha generado grietas donde se filtran las aguas. Por lo anterior, se propone su revestimiento en hormigón armado, tanto para disminuir la rugosidad en la conducción, así como evitar las pérdidas a través de las grietas que se generan en su condición natural.

### 2.2 Diseño Sección Hidráulica Tramo 1

Longitud a revestir: 477 m

Pendiente de diseño: 0.0017 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 1850 \text{ [l/s]} = 1.85 \text{ [m}^3\text{/s]}$

$i_{\text{diseño}} = 1.7 \text{ ‰}$

Para canal rectangular con  $b = 1.35 \text{ m}$ , se tiene:

$h_n = 0.93 \text{ m}$ ;  $V_n = 1.47 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.58 \text{ m}$  y  $V_c = 2.38 \text{ [m/s]}$

$F(\text{Fraude}) = 0.49 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.14 \text{ m} \rightarrow$  tomando 20cm de revancha:

$H = h + \Delta y = 1.13 \text{ m}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.35 \text{ m} \quad H = 1.15 \text{ m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.93 \text{ m y } V_n = 1.47 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 1.04 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.86 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.21 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 1.47 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### 2.3 Diseño Sección Hidráulica Tramo 2

Longitud a revestir: 800 m

Pendiente de diseño: 0.0023 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 1850 \text{ [l/s]} = 1.85 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $i_{\text{diseño}} = 2.3 \text{ ‰}$

Para canal rectangular con  $b = 1.20 \text{ m}$ , se tiene:

$h_n = 0.94 \text{ m}$ ;  $V_n = 1.64 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.62 \text{ m}$  y  $V_c = 2.47 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude}) = 0.54 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.14 \text{ m} \rightarrow$  tomando 20cm de revancha:  
 $H = h + \Delta y = 1.15 \text{ m}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.20 \text{ m} \quad H = 1.15 \text{ m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.94 \text{ m y } V_n = 1.64 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 1.08 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.94 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.15 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 1.64 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### 2.4 Diseño Sección Hidráulica Tramo 3

Longitud a revestir: 563 m

Pendiente de diseño: 0.0012 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 1850 \text{ [l/s]} = 1.85 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $i_{\text{diseño}} = 1.2 \text{ ‰}$

Para canal rectangular con  $b = 1.50 \text{ m}$ , se tiene:

$h_n = 0.95 \text{ m}$ ;  $V_n = 1.29 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.54 \text{ m}$  y  $V_c = 2.30 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude}) = 0.42 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.14 \text{ m} \rightarrow$  tomando 20cm de revancha:  
 $H = h + \Delta y = 1.15 \text{ m}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.50 \text{ m} \quad H = 1.15 \text{ m}$$

Verificaciones:

c) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.95 \text{ m y } V_n = 1.29 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 1.04 \text{ m}$$

$$B_{\text{critico}} = 0.81 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{critico}}} = 1.28 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

d) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 1.29 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

### 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del Canal La Perla. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

#### **3.1 Materiales**

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

#### **3.2 Bases de Cálculo**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Peso específico del suelo            | $\gamma_s = 2.0 \text{ [T/m}^3\text{]}$ |
| Angulo de fricción interna del suelo | $\phi = 30^\circ$                       |
| Coefficiente de empuje activo        | $K_a = 0.33$                            |
| Coefficiente de empuje sísmico       | $K_s = 0.16$                            |
| Peso específico hormigón             | $\gamma_h = 2.4 \text{ [T/m}^3\text{]}$ |

Tensiones admisibles del suelo:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{estático}} &= 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \\ \sigma_{\text{sísmico}} &= 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \end{aligned}$$

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Generalidades

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $L > 2H$  y  $2B$  (L: largo paño). Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición. Se realizará el diseño y comprobaciones para la sección tipo más desfavorable (sección tramo 3).

#### 4.1.1 Armadura Transversal Muros

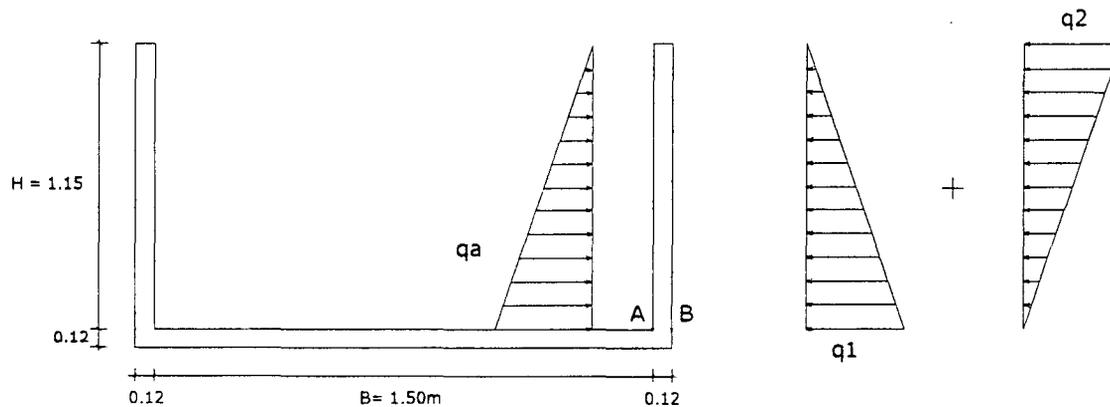
Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B = 1.50\text{m}$$

$$H = 1.15\text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.12\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



#### Cara Interior (Punto A)

$$q_a: \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 1.15^2 / 2 = 0.661 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 2400 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.253 \text{ [Tm/m]} = 25347.9 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{25347.9}{2400} = 10.56 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 * 2.0 * 1.15 = 0.759 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 * 1.15 = 0.184 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.2484 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s_{calc}} = 0.70 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{min} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{min}} = 2.24 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s_{min}} = 0.75 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{retrac} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{retrac}} = 1.81 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s_{min}} < A_{s_{retrac}}$ , se adopta  $A_{s_{diseño}} = 1.81 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-188, se tiene  $A_{s_{disponible}} = 1.88 \text{ [cm}^2\text{/m]} > A_{s_{diseño}}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$

### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$$\alpha: \text{Coeficiente de dilatación térmica del hormigón} = 10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$$

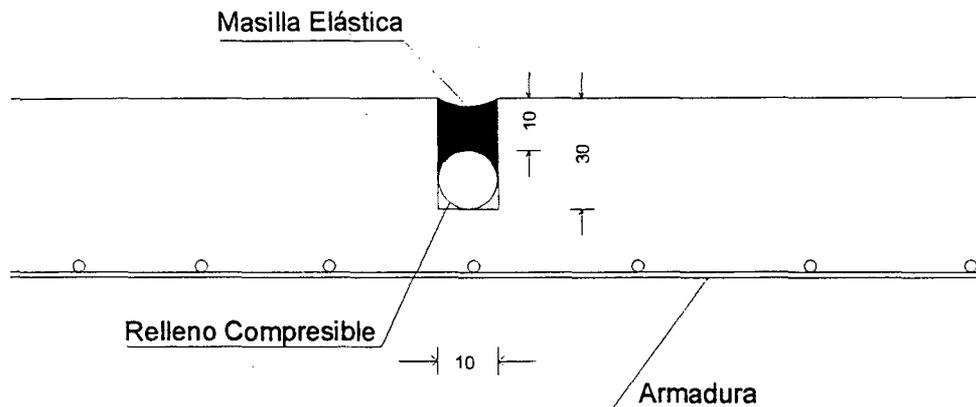
$$L = \text{Logitud paño} = 10000 \text{ [mm]}$$

$$\Delta T = \text{Gradiente de temperatura} = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$\Delta L = 3 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{masilla} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

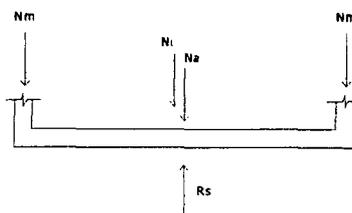
### 4.3 Verificaciones

#### 4.3.1 Volcamiento, Deslizamiento y Flotación

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en corte. Se estima la inexistencia de flotación debido a lo señalado por el celador del canal así como a la calicata realizada en el presente estudio (ver plano de proyecto), en la cuál se presenta la ausencia de napa superficial.

#### 4.3.2 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$  : Peso muros = 0.662 [T/m]

$N_L$  : Peso losa canal = 0.501 [T/m]

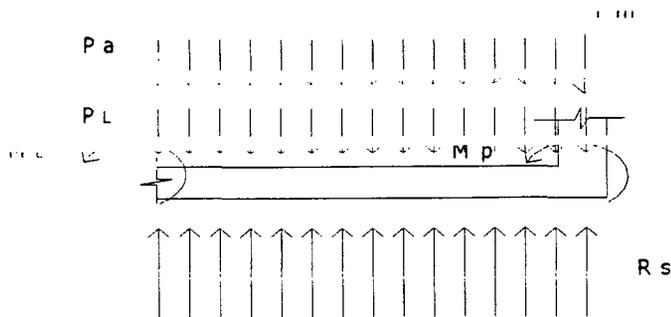
$\Sigma N_i = 2.888$  [T/m]

$N_a$ : Peso agua = 1.725 [T/m]

$$\sigma = \frac{\Sigma N_i}{B + 2e} = \frac{2.888}{1.74} = 1.65 \text{ [T/m}^2\text{]} \rightarrow \sigma = 0.165 \text{ [kg/cm}^2\text{]} < 1.0 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \Rightarrow \text{Ok}$$

### 4.4 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L (B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{pared} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

Con esto:  $M(B/2) = 0.172 \text{ [T m]} \rightarrow A_{S_{calc}} = 0.482 \text{ [cm}^2\text{]}$ .

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

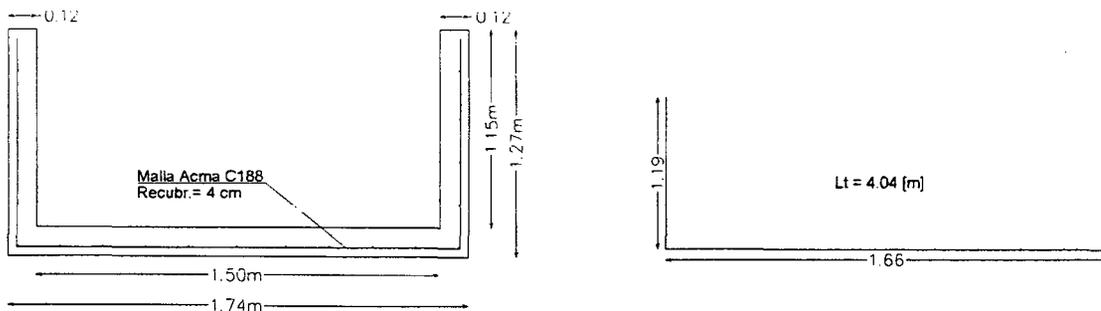
#### 4.5 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor sollicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{retrac}} = A_{S_{long}} = 1.81 \text{ [cm}^2\text{/ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-188}$$

### 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-188, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres.



**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil

# “Proyecto de Revestimiento Canal Virquenco”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del canal Virquenco.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 1200 [l/s].

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### **1.4 Altura Crítica**

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$ = Altura crítica

$q$ = Caudal unitario

$g$ = Aceleración de gravedad

#### **1.5 Revancha**

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### **1.6 Verificaciones de Diseño**

##### **1.6.1 Bernoulli**

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{crítico}}$$

##### **1.6.2 Velocidad Máxima**

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Máx}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Máx} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### **1.6.3 Velocidad Mínima**

Las velocidades mínimas ( $V_{Mín}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Mín} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

El tramo a diseñar corresponde a unos 1504m de canal, desde la naciente en canal Maza Vela Bordeaux hacia aguas abajo. El tramo tiene muy poca pendiente, por lo que al estar excavado en tierra produce mala conducción de las aguas, a lo que se le suma la alta rugosidad que causa el crecimiento de algas y contrapendientes por embanque. Por lo anterior, se propone su revestimiento para disminuir la rugosidad natural tanto de las paredes como el radier, y así mejorar la conducción de las aguas.

### 2.2 Diseño Sección Hidráulica

Longitud a revestir: 1504 m

Pendiente de diseño: 0.0004 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 1200 \text{ [l/s]} = 1.2 \text{ [m}^3\text{/s]}$

$i_{\text{diseño}} = 0.4 \text{ ‰}$

Para canal rectangular con  $b = 1.95 \text{ m}$ , se tiene:

$h_n = 0.80 \text{ m}$ ;  $V_n = 0.77 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.34 \text{ m}$  y  $V_c = 1.82 \text{ [m/s]}$

$F(\text{Fraude}) = 0.28 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.12 \text{ m} \rightarrow$  tomando 20cm de revancha:  
 $H = h + \Delta y = 1.00 \text{ m}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 1.95 \text{ m} \quad H = 1.0 \text{ m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.80 \text{ m y } V_n = 0.77 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.83 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.51 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.45 \geq 1.10 \quad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 0.77 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.3 Eje Hidráulico

A continuación se desarrolla el eje hidráulico del tramo a intervenir. Se toma como condición desfavorable el desbordamiento al término del tramo aguas abajo ( $h_0 = 1.00$  m). Así:

| Datos                          |        | Cálculos           | h0      | h1        | h2       | h3       | h4      | h5       | h6       | h7       | h8       |
|--------------------------------|--------|--------------------|---------|-----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Q [m <sup>3</sup> /s]=         | 1.2    | h                  | 1.000   | 0.950     | 0.900    | 0.890    | 0.880   | 0.870    | 0.860    | 0.850    | 0.833    |
| i [m/m]=                       | 0.0004 | A                  | 1.950   | 1.853     | 1.755    | 1.736    | 1.716   | 1.697    | 1.677    | 1.658    | 1.624    |
| n=                             | 0.015  | Pm                 | 3.950   | 3.850     | 3.750    | 3.730    | 3.710   | 3.690    | 3.670    | 3.650    | 3.616    |
| B [m]=                         | 1.95   | Rh                 | 0.494   | 0.481     | 0.468    | 0.465    | 0.463   | 0.460    | 0.457    | 0.454    | 0.449    |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |        | V                  | 0.615   | 0.648     | 0.684    | 0.691    | 0.699   | 0.707    | 0.716    | 0.724    | 0.739    |
| h inicial(h0)=                 | 1.000  | V <sup>2</sup> /2g | 0.019   | 0.021     | 0.024    | 0.024    | 0.025   | 0.026    | 0.026    | 0.027    | 0.028    |
| h1=                            | 0.950  | B                  | 1.019   | 0.971     | 0.924    | 0.914    | 0.905   | 0.896    | 0.886    | 0.877    | 0.861    |
| h2=                            | 0.900  | J                  | 0.00022 | 0.00025   | 0.00029  | 0.00030  | 0.00031 | 0.00032  | 0.00033  | 0.00034  | 0.00036  |
| h3=                            | 0.890  | Jm                 | -       | 0.00023   | 0.00027  | 0.00029  | 0.00030 | 0.00031  | 0.00032  | 0.00033  | 0.00035  |
| h4=                            | 0.880  | Jm-i               | -       | -0.0002   | -0.0001  | -0.0001  | -0.0001 | -0.0001  | -0.0001  | -0.0001  | -0.0001  |
| h5=                            | 0.870  | BI-Bf              | -       | 0.0479127 | 0.047555 | 0.009461 | 0.00944 | 0.009423 | 0.009403 | 0.009382 | 0.015897 |
| h6=                            | 0.860  | Xi-Xf              | -       | -289.315  | -365.680 | -89.200  | -97.325 | -107.600 | -121.001 | -139.203 | -302.250 |
| h7=                            | 0.850  | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -289.31   | -654.99  | -744.19  | -841.52 | -949.12  | -1070.12 | -1209.32 | -1511.57 |
| h8=                            | 0.833  | Km.                | 0       | -289.31   | -654.99  | -744.19  | -841.52 | -949.12  | -1070.12 | -1209.32 | -1511.57 |
| <b>Resultados</b>              |        | h0                 | h1      | h2        | h3       | h4       | h5      | h6       | h7       | h8       |          |
| Altura(m)                      |        | 1.000              | 0.950   | 0.900     | 0.890    | 0.880    | 0.870   | 0.860    | 0.850    | 0.833    |          |
| Distancia(m)                   |        | 0.00               | -289.31 | -654.99   | -744.19  | -841.52  | -949.12 | -1070.12 | -1209.32 | -1511.57 |          |

Por lo tanto, se tendrá altura menor a la cota de borde proyectado.

## 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal Virquenco. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

### 3.1 Materiales

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

### 3.2 Bases de Cálculo

Peso específico del suelo

$$\gamma_s = 2.0 \text{ [T/m}^3\text{]}$$

Angulo de fricción interna del suelo

$$\phi = 30^\circ$$

Coefficiente de empuje activo

$$K_a = 0.33$$

Coefficiente de empuje sísmico

$$K_s = 0.16$$

Peso específico hormigón

$$\gamma_h = 2.4 \text{ [T/m}^3\text{]}$$

Tensiones admisibles del suelo:

$$\sigma_{\text{estático}} = 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{\text{sísmico}} = 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Generalidades

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $L > 2H$  y  $2B$  (L:largo paño). Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

#### 4.1.1 Armadura Transversal Muros

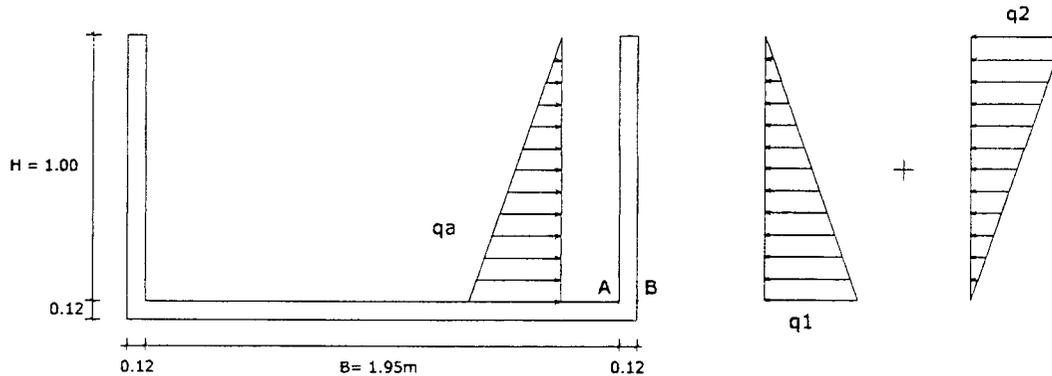
Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B = 1.95\text{m}$$

$$H = 1.0\text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.12\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



#### Cara Interior (Punto A)

$$q_a: \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 1^2 / 2 = 0.5 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 2400 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.167 \text{ [Tm/m]} = 16666.7 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{16666.7}{2400} = 6.94 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 \cdot 2.0 \cdot 1.0 = 0.66 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 \cdot 1.0 = 0.16 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.1633 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s_{calc}} = 0.458 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{min} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{min}} = 2.24 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s_{min}} = 0.75 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{retrac} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s_{retrac}} = 1.81 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s_{min}} < A_{s_{retrac}}$ , se adopta  $A_{s_{diseño}} = 1.81 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-188, se tiene  $A_{s_{disponible}} = 1.88 \text{ [cm}^2\text{/m]} > A_{s_{diseño}}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$

### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$$\alpha: \text{Coeficiente de dilatación térmica del hormigón} = 10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$$

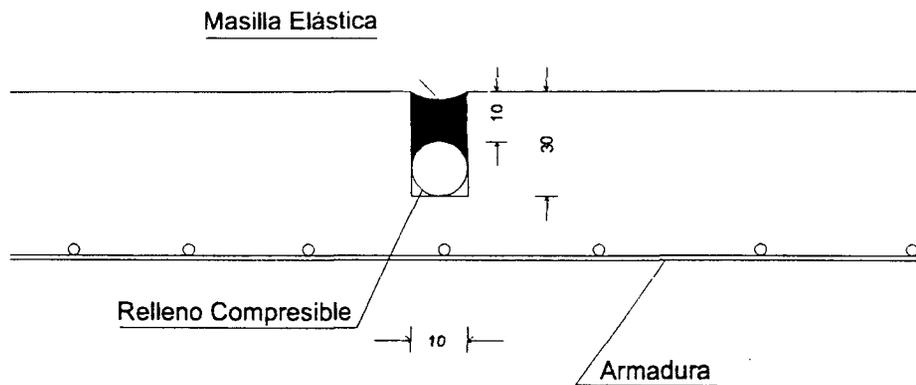
$$L = \text{Logitud paño} = 10000 \text{ [mm]}$$

$$\Delta T = \text{Gradiente de temperatura} = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$\Delta L = 3 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

### 4.3 Verificaciones

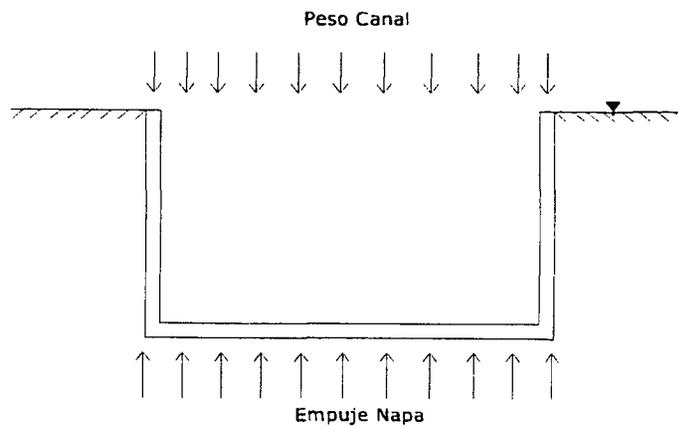
#### 4.3.1 Volcamiento y deslizamiento

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en corte.

#### 4.3.2 Flotación

Para la comprobación de la flotabilidad de la estructura, se considerará canal vacío, napa justo en el borde y sin acción de fuerzas de roce verticales.

El caso es el siguiente:



Donde:

$$\text{Peso Canal} = e \cdot \gamma_H \cdot (B + 2e) + 2 \cdot e \cdot H \cdot \gamma_H = 1.21 \text{ [T/m]}$$

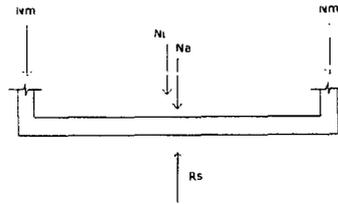
$$\text{Empuje Napa} = (H + e) \cdot \gamma_o \cdot (B + 2e) = 2.45 \text{ [T/m]}$$

Como  $\text{Peso Canal} < \text{Empuje Napa}$ , se necesita mecanismo para disminuir subpresiones.

Se opta por tubo Flexadren DN100 con capacidad 9.3 l/m/s, y su colocación acorde a planos de proyecto.

### 4.3.3 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$$N_m : \text{Peso muros} = 0.576 \text{ [T/m]}$$

$$N_L : \text{Peso losa canal} = 0.631 \text{ [T/m]}$$

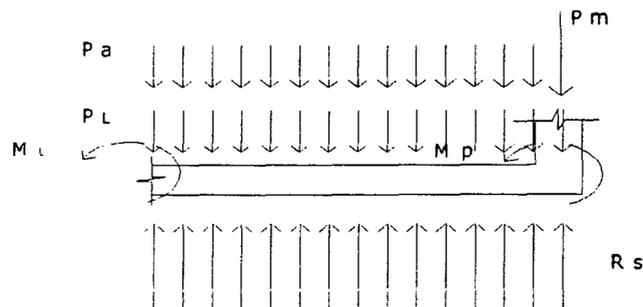
$$\sum N_i = 3.157 \text{ [T/m]}$$

$$N_a : \text{Peso agua} = 1.95 \text{ [T/m]}$$

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{3.157}{2.19} = 1.44 \text{ [T/m}^2] \rightarrow \sigma = 0.144 \text{ [kg/cm}^2] < 1.0 \text{ [kg/cm}^2] \Rightarrow \text{Ok}$$

### 4.4 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L (B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{\text{pared}} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

$$\text{Con esto: } M(B/2) = 0.081 \text{ [T m]} \rightarrow A_{s_{\text{calc}}} = 0.226 \text{ [cm}^2].$$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

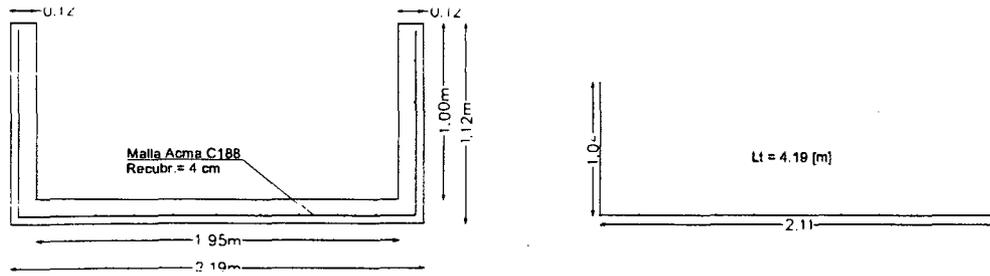
### 4.5 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de repartición que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor solicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{s_{\text{retrac}}} = A_{s_{\text{long}}} = 1.81 \text{ [cm}^2/\text{ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-188}$$

## 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-188, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres.



**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
**Ingeniero Civil**

# “Proyecto de Revestimiento Canal La Victoria”

## Memoria de Cálculo

### 1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO HIDRÁULICO

A continuación se presentan las consideraciones de diseño hidráulico. En estas se establecen los parámetros de análisis referentes a los caudales de diseño y verificaciones de capacidad hidráulica del Canal La Victoria.

#### 1.1 Caudal de Diseño

El proyecto contemplará un caudal de diseño de 1500 [l/s] el cuál representa los derechos de los regantes a beneficiar.

#### 1.2 Cálculo de Capacidad Hidráulica

Para el cálculo y verificación de la capacidad hidráulica y la altura de escurrimiento del canal y sus obras de arte, se utilizará la fórmula de Manning, la cuál se expresa a continuación:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

donde:

Q: Caudal [m<sup>3</sup>/s]

A: Area mojada [m<sup>2</sup>]

R: Radio Hidráulico [m]

i: Pendiente del tramo, al tanto por uno [m/m]

n: Coeficiente de rugosidad [1]

#### 1.3 Coeficiente de Rugosidad (n)

Algunos de los coeficientes de rugosidad establecidos en la literatura, son entregados en la tabla 1. Para el caso específico de este estudio se utilizó el valor n=0.015 (Concreto bien terminado en condiciones desfavorables)

**Tabla 1: Coeficientes de rugosidad (Tabla de Horton Modificada)**

| Tipos de Material       | n      |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
|                         | Mínimo | Normal | Máximo |
| Concreto Bien Terminado | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| Polímeros               | 0.009  | 0.010  | 0.011  |
| Cemento Pulido          | 0.010  | 0.011  | 0.013  |

#### 1.4 Altura Crítica

La altura crítica, que corresponde a la condición de energía mínima de escurrimiento para un caudal fijo, viene dado por la siguiente expresión:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Donde:

$h_c$  = Altura crítica

$q$  = Caudal unitario

$g$  = Aceleración de gravedad

#### 1.5 Revancha

La revancha a utilizar corresponde al 15% de la altura de escurrimiento considerando como mínimo 20cm, lo que corresponde a lo normalmente utilizado en diseño de canales.

#### 1.6 Verificaciones de Diseño

##### 1.6.1 Bernoulli

En los canales revestidos se deberá cumplir la relación de los Bernoulli, para asegurar escurrimiento con régimen de río con velocidades no erosionables. La relación es la siguiente:

$$B_{\text{normal}} \geq 1.10 B_{\text{critico}}$$

##### 1.6.2 Velocidad Máxima

De acuerdo a la literatura, la velocidad máxima ( $V_{Máx}$ ) a utilizar para evitar la erosión en conducciones de hormigón, es la siguiente:

$$V_{Máx} = 6.00 \text{ [m/s]}$$

##### 1.6.3 Velocidad Mínima

Las velocidades mínimas ( $V_{Min}$ ) recomendadas por la literatura, para evitar sedimentación de las partículas en las conducciones, son las siguientes:

$$V_{Min} = \begin{cases} 0.60 \text{ (recomendable)} \\ 0.40 \text{ (absoluta)} \end{cases} \quad \text{[m/s]}$$

## 2. DISEÑO HIDRÁULICO

### 2.1 Análisis

El tramo a diseñar corresponde a unos 3000m de canal, desde la naciente al marco norte sur. El tramo tiene muy poca pendiente, por lo que al estar excavado en tierra produce mala conducción de las aguas, a lo que se le suma la alta rugosidad que causa el crecimiento de algas. Por lo anterior, se propone su revestimiento para bajar la rugosidad tanto de las paredes como el radier, y así mejorar la conducción de las aguas.

### 2.2 Diseño Sección Hidráulica

Longitud a revestir: 3004 m

Pendiente de diseño: 0.0006 [m/m]

Con:  $Q_{\text{diseño}} = 1500 \text{ [l/s]} = 1.5 \text{ [m}^3\text{/s]}$   
 $i_{\text{diseño}} = 0.6 \text{ ‰}$

Para canal rectangular con  $b = 2.0 \text{ m}$ , se tiene:

$h_n = 0.79 \text{ m}$ ;  $V_n = 0.95 \text{ [m/s]}$ ;  $h_c = 0.39 \text{ m}$  y  $V_c = 1.94 \text{ [m/s]}$   
 $F(\text{Fraude}) = 0.34 < 1 \rightarrow \text{Régimen de Río}$

Adicionando revancha:  $\Delta y = 15\%h = 0.12 \text{ m} \rightarrow$  tomando 20cm de revancha:  
 $H = h + \Delta y = 0.99 \text{ m}$

Por lo tanto, la sección adoptada es la siguiente:

$$B = 2.0 \text{ m} \qquad H = 1.0 \text{ m}$$

Verificaciones:

a) Bernoulli:

$$B = h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{con } h_n = 0.79 \text{ m y } V_n = 0.95 \text{ [m/s]} \rightarrow B_{\text{normal}} = 0.84 \text{ m}$$

$$B_{\text{crítico}} = 0.58 \text{ m, entonces: } \frac{B_{\text{normal}}}{B_{\text{crítico}}} = 1.45 \geq 1.10 \qquad \text{OK.}$$

b) Velocidades:

Según resultados,  $V_n = 0.95 \text{ [m/s]}$ , la cuál se encuentra dentro de los límites de velocidad máxima y mínima absoluta.

## 2.3 Eje Hidráulico

A continuación se desarrolla el eje hidráulico del tramo a intervenir. Se toma como condición desfavorable el desbordamiento al término del tramo aguas abajo ( $h_0 = 1.00$  m). Así:

| Datos                          |        | Cálculos           |         |           |          |          |          |           |          |          |           |
|--------------------------------|--------|--------------------|---------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
|                                |        | h0                 | h1      | h2        | h3       | h4       | h5       | h6        | h7       | h8       |           |
| Q [m3/s]=                      | 1.5    | 1.000              | 0.950   | 0.900     | 0.850    | 0.800    | 0.796    | 0.796     | 0.794    | 0.792    |           |
| i [m/m]=                       | 0.0006 | 2.000              | 1.900   | 1.800     | 1.700    | 1.600    | 1.596    | 1.592     | 1.588    | 1.583    |           |
| n=                             | 0.015  | Pm                 | 4.000   | 3.900     | 3.800    | 3.700    | 3.600    | 3.596     | 3.592    | 3.588    | 3.583     |
| B [m]=                         | 2      | Rh                 | 0.500   | 0.487     | 0.474    | 0.459    | 0.444    | 0.444     | 0.443    | 0.443    | 0.442     |
| <b>Partición de Alturas[m]</b> |        | V                  | 0.750   | 0.789     | 0.833    | 0.882    | 0.938    | 0.940     | 0.942    | 0.945    | 0.948     |
| h inicial(h0)=                 | 1.000  | V <sup>2</sup> /2g | 0.029   | 0.032     | 0.035    | 0.040    | 0.045    | 0.045     | 0.045    | 0.046    | 0.046     |
| h1=                            | 0.950  | B                  | 1.029   | 0.982     | 0.935    | 0.890    | 0.845    | 0.843     | 0.841    | 0.840    | 0.837     |
| h2=                            | 0.900  | J                  | 0.00032 | 0.00037   | 0.00042  | 0.00049  | 0.00058  | 0.00059   | 0.00059  | 0.00060  | 0.00060   |
| h3=                            | 0.850  | Jm                 | -       | 0.00034   | 0.00039  | 0.00046  | 0.00054  | 0.00059   | 0.00059  | 0.00059  | 0.00060   |
| h4=                            | 0.800  | Jm-i               | -       | -0.0003   | -0.0002  | -0.0001  | -0.0001  | 0.0000    | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000    |
| h5=                            | 0.798  | Bi-Bf              | -       | 0.0468996 | 0.046369 | 0.04571  | 0.04488  | 0.0017749 | 0.001772 | 0.002212 |           |
| h6=                            | 0.796  | Xi-Xf              | -       | -182.043  | -225.628 | -323.312 | -730.537 | -118.739  | -162.468 | -258.944 | -1001.473 |
| h7=                            | 0.794  | SUM(Xi-Xf)         | 0       | -182.04   | -407.67  | -730.98  | -1461.52 | -1580.26  | -1742.73 | -2001.67 | -3003.14  |
| h8=                            | 0.792  | Km                 | 0       | -182.04   | -407.67  | -730.98  | -1461.52 | -1580.26  | -1742.73 | -2001.67 | -3003.14  |

| Resultados   | h0    | h1      | h2      | h3      | h4       | h5       | h6       | h7       | h8       |
|--------------|-------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Altura(m)    | 1.000 | 0.950   | 0.900   | 0.850   | 0.800    | 0.796    | 0.796    | 0.794    | 0.792    |
| Distancia(m) | 0.00  | -182.04 | -407.67 | -730.98 | -1461.52 | -1580.26 | -1742.73 | -2001.67 | -3003.14 |

Por, lo tanto, se tendrá altura menor a la de coronamiento, tendiendo a su condición de escurrimiento normal.

## 3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presentan las consideraciones para el diseño estructural del canal La Victoria. Se realiza el diseño de armaduras y juntas de expansión, así como las verificaciones de la obra.

### 3.1 Materiales

El hormigón a utilizar será de calidad H-25 con 90% de confiabilidad conforme a las normas aplicadas por el INN para este material. El acero a utilizar es malla Acma de calidad AT56-50H de alta resistencia con tensión de fluencia 5000 [kg/cm<sup>2</sup>]

### 3.2 Bases de Cálculo

Peso específico del suelo

$$\gamma_s = 2.0 \text{ [T/m}^3\text{]}$$

Angulo de fricción interna del suelo

$$\phi = 30^\circ$$

Coefficiente de empuje activo

$$K_a = 0.33$$

Coefficiente de empuje sísmico

$$K_s = 0.16$$

Peso específico hormigón

$$\gamma_h = 2.5 \text{ [T/m}^3\text{]}$$

Tensiones admisibles del suelo:

$$\sigma_{\text{estático}} = 1.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{\text{sísmico}} = 1.2 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

## 4. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Generalidades

Para efectos de diseño se modelará el canal en la sección transversal (bordes y fondo) como losa armada en una dirección, para ello  $L > 2H$  y  $2B$  (L: largo paño). Con ello, longitudinalmente se dispondrá armadura de repartición.

#### 4.1.1 Armadura Transversal Muros

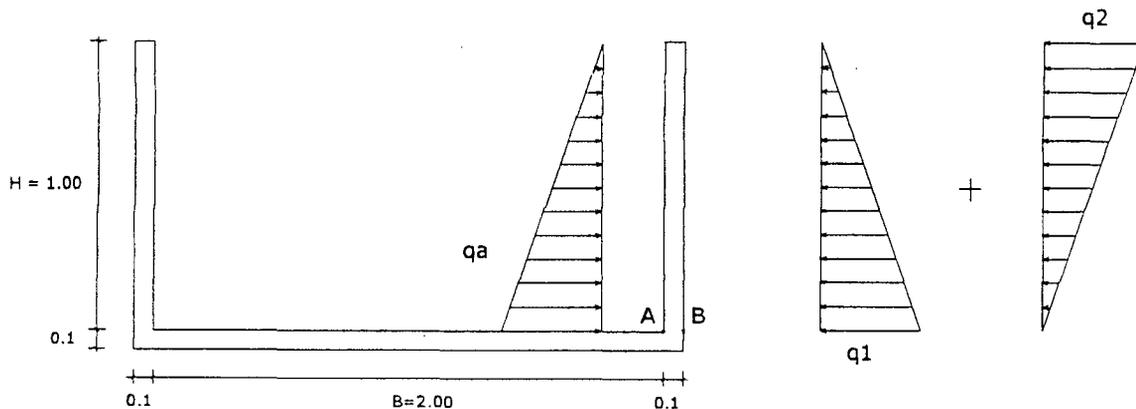
Las dimensiones del canal a calcular, son las siguientes:

$$B = 2.0\text{m}$$

$$H = 1.0\text{m}$$

$$\text{Espesor} = 0.10\text{m (fondo y bordes)}$$

Para efectos de diseño se considera empujes sísmicos, empuje del suelo y esfuerzos del agua con canal lleno, para adoptar caso más desfavorable. Así se tiene las siguientes solicitaciones:



#### Cara Interior (Punto A)

$$q_a: \text{Empuje del agua} = \gamma_a \cdot H^2 / 2 = 1 \cdot 1^2 / 2 = 0.5 \text{ [T/m]}$$

$$w = (1/6) \cdot b \cdot h^2 = 1666.7 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$M_a = \frac{q_a \cdot H}{3} = 0.167 \text{ [Tm/m]} = 16666.7 \text{ [Kg cm/m]}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a}{w} = \frac{16666.7}{1666.7} = 10 \text{ [Kg/ cm}^2\text{]}$$

Ahora, observando la tensión de ruptura del hormigón sometido a tracción (ACI 318-99):

$$f_r = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c} = 31.3 \text{ [Kg/ cm}^2\text{]}$$

Luego:  $\sigma_a < f_r$  (Hormigón en Fase I)

### Cara Exterior (Punto B)

$$q_1: \text{Empuje activo del suelo} = K_a \gamma_s H = 0.33 * 2.0 * 1.0 = 0.66 \text{ [T/m/m]}$$

$$q_2: \text{Empuje sísmico} = K_s H = 0.16 * 1.0 = 0.16 \text{ [T/m/m]}$$

$$\text{Momento máx. pared: } M = \frac{q_1 \cdot H}{2} \cdot \frac{H}{3} + \frac{q_2 \cdot H}{2} \cdot \frac{2H}{3} = 0.1633 \text{ [T m]}$$

Así,  $A_{s\text{calc}} = 0.614 \text{ [cm}^2\text{]}$ . Observando las cuantías mínimas exigidas (ACI 318-99):

1.  $\rho_{\text{min}} = 2.8 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{min}} = 1.68 \text{ [cm}^2\text{]}$ , lo cuál resulta excesivo. Se adopta un tercio de cálculo de acuerdo a lo estipulado en ACI 318-99  $\rightarrow A_{s\text{min}} = 0.56 \text{ [cm}^2\text{]}$ .
2.  $\rho_{\text{retrac}} = 1.5 \text{ ‰} \rightarrow A_{s\text{retrac}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{]}$

Como  $A_{s\text{min}} < A_{s\text{retrac}}$ , se adopta  $A_{s\text{diseño}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/m]}$

Con malla Acma C-158, se tiene  $A_{s\text{disponible}} = 1.58 \text{ [cm}^2\text{/m]}$ , por lo que se adopta esta malla como la de diseño.

Longitud de desarrollo: empalme  $40 \phi$

### 4.2 Juntas de Dilatación

Estas se realizarán en la sección perpendicular del canal, para evitar el agrietamiento originado por la retracción de fraguado del hormigón. Tanto juntas de dilatación como de contracción deberán coincidir para obtener efecto de losa en una dirección

El cálculo es el siguiente:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Con:

$$\alpha: \text{Coeficiente de dilatación térmica del hormigón} = 10^{-5} \text{ [mm/}^\circ\text{C]}$$

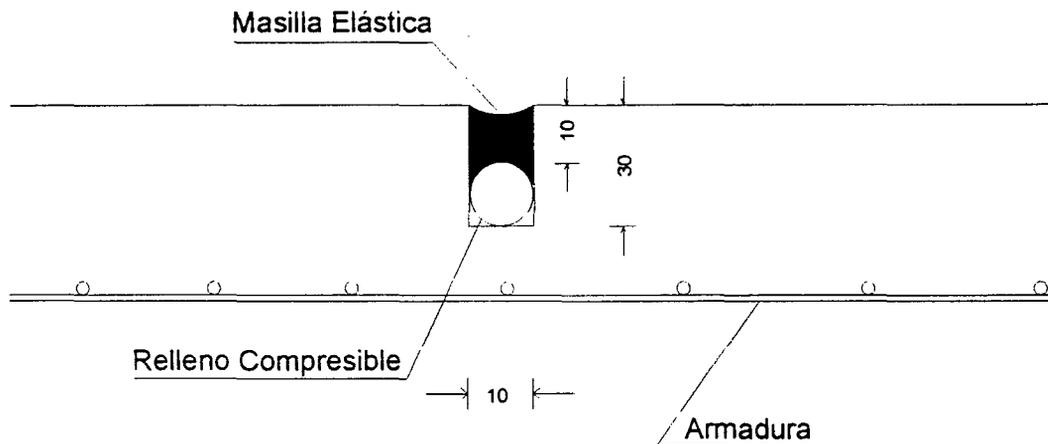
$$L = \text{Logitud paño} = 10000 \text{ [mm]}$$

$$\Delta T = \text{Gradiente de temperatura} = 30 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$\Delta L = 3 \text{ [mm]}$ . Luego, para un porcentaje máximo de dilatación de masilla elástica de 30% (Sikaflex 1A o similar) se tiene:

$$\text{ancho} \cdot \%_{\text{masilla}} \geq \Delta L \quad \rightarrow \text{ancho} = 10 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto, se tiene el siguiente diseño de la junta (mm):



Relleno compresible: Respaldo Sikaflex o similar.

### 4.3 Verificaciones

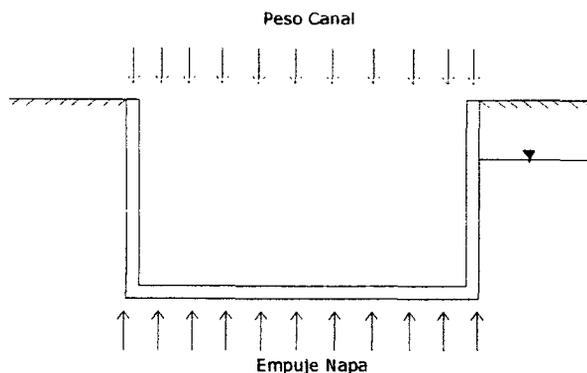
#### 4.3.1 Volcamiento y deslizamiento

No se realizará verificaciones de volcamiento o deslizamiento por estar el canal diseñado en relleno.

#### 4.3.2 Flotación

Debido a que el terreno natural no tiene las mismas condiciones que el relleno compactado, el efecto de la presión de poros es menor. Por lo anterior, se considerará como caso más desfavorable, que la altura de la napa llega a lo más al 40% de la altura útil del canal.

El caso es el siguiente:



Donde:

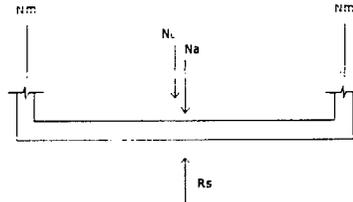
$$\text{Peso Canal} = e \cdot \gamma_H \cdot (B + 2e) + 2 \cdot e \cdot H \cdot \gamma_H = 1.05 \text{ [T/m]}$$

$$\text{Empuje Napa} = 0.4 \cdot (h + e) \cdot \gamma_a \cdot (B + 2e) = 0.968 \text{ [T/m]}$$

Como  $\text{Peso Canal} \geq \text{Empuje Napa}$ , no se necesita mecanismo para disminuir subpresiones.

#### 4.4 Tensión máxima admisible en fundación

Se tiene el siguiente caso:



Donde:

$N_m$ : Peso muro = 0.50 [T/m]

$N_L$ : Peso losa canal = 0.55 [T/m]

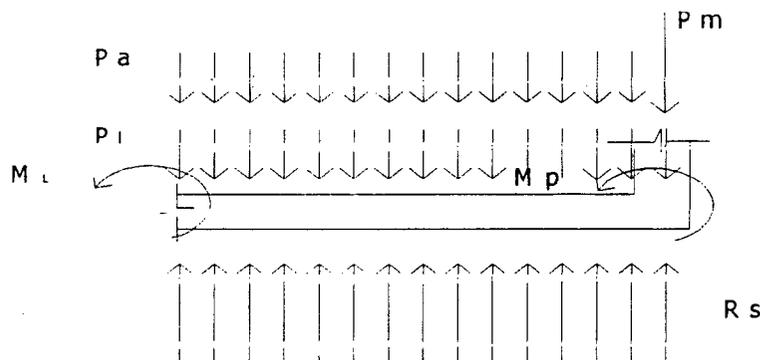
$$\sum N_i = 3.05 \text{ [T/m]}$$

$N_a$ : Peso agua = 2 [T/m]

$$\sigma = \frac{\sum N_i}{B + 2e} = \frac{3.05}{2.20} = 1.39 \text{ [T/m}^2\text{]} \rightarrow \sigma = 0.139 \text{ [kg/cm}^2\text{]} < 1.0 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \Rightarrow \text{Ok}$$

#### 4.5 Armadura Transversal Radier

En la losa del canal, se tiene las siguientes solicitaciones:



El momento máximo que se genera en la losa es el siguiente:

$$M_L(B/2) = 0.25 N_m (B + e_p) - M_{\text{pared}} + \gamma_a \frac{B^2}{8} H + \gamma_h e_L \frac{(0.5B + e_p)^2}{2} - \sigma \frac{(0.5B + e_p)^2}{2}$$

$$\text{Con esto: } M(B/2) = 0.091 \text{ [T m]} \rightarrow A_{S_{\text{calc}}} = 0.34 \text{ [cm}^2\text{]}.$$

Como la cuantía es menor a la de retracción, se adopta esta última para diseño.

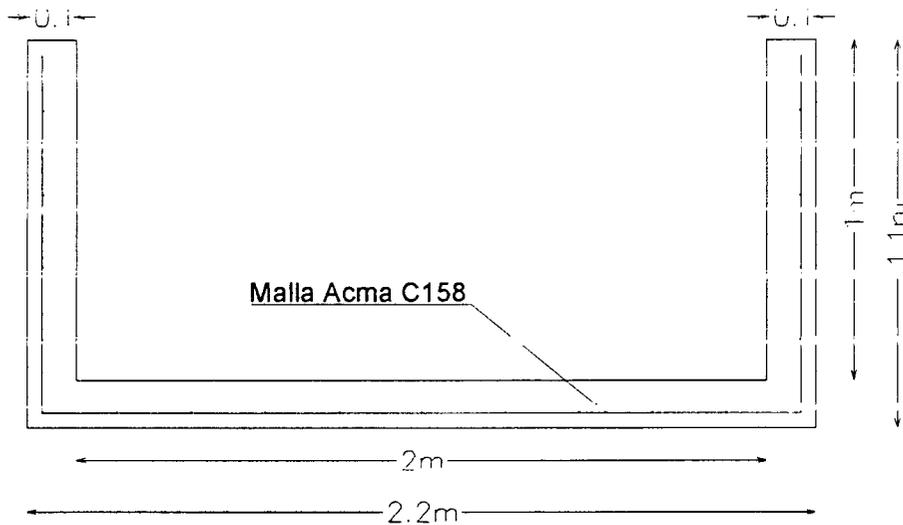
#### 4.6 Armadura Longitudinal Muros y Radieres

La armadura de reparto que se dispondrá longitudinalmente en las caras de muros y radieres con mayor solicitación, será la cuantía de retracción y temperatura (ACI318-99). Así:

$$A_{S_{\text{retrac}}} = A_{S_{\text{long}}} = 1.5 \text{ [cm}^2\text{/ml]} \rightarrow \text{Acero: Malla Acma C-158}$$

## 5. GEOMETRÍA Y ESTRUCTURACIÓN DEL CANAL

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos, se deberá construir los tramos del canal con hormigón H25, utilizando acero malla Acma C-158, calidad AT-56-50H, tanto en la armadura principal como secundaria de la cara exterior de muros y radieres.



**ALBERTO CATALÁN DECAP**  
Ingeniero Civil



**GOBIERNO DE CHILE**  
**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

**PROGRAMA DE TRANSFERENCIA DE  
CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES PARA EL  
MANEJO Y DESARROLLO DE CUENCAS  
HIDROGRAFICAS ETAPA II, CANAL LAJA**

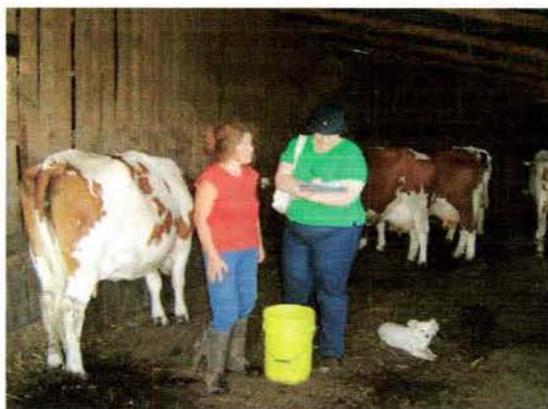
**ANEXO N°10**

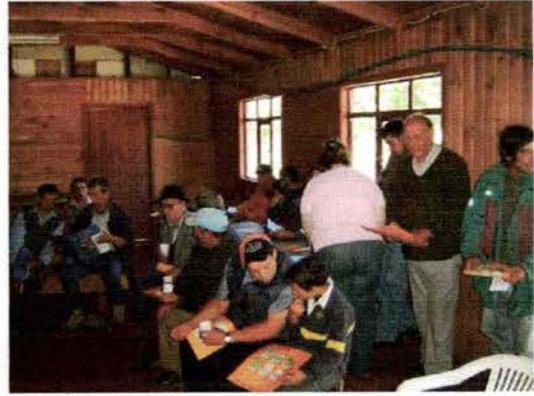
**ASOCIACION DE CANALISTAS DEL LAJA**

## Área Estratégica de Desarrollo Productivo

**Cuadro N°1:** Resumen principales actividades Productivas de los sectores de riego.

| <i>Sector Riego</i>                               | <i>Principal Actividad Productiva</i>                                    |
|---|--|
| Avellano Huertón                                  | Remolacha, Trigo, Praderas naturales                                     |
| Cerro Colorado - Pinilla Sanzana<br>- San Gerardo | Remolacha, trigo, lechería, hortalizas autoconsumo                       |
| Comunidad Reyes                                   | Remolacha, hortalizas, trigo   |
| Santa Fé  | Remolacha, hortalizas autoconsumo, trigo, lechería, maíz silo.           |
| Roto chileno – Santa Laura                        | Alfalfa, remolacha, trigo  |
| La Victoria - Nuevo Amanecer                      | Remolacha, trigo, arándano, lechería                                     |
| Lomas Duqueco                                     | Remolacha, trigo, maíz silo, empastadas                                  |
| Puentes Medina                                    | Hortalizas, lechería, empastadas   |
| San Miguel  | Remolacha, engorda animales, empastadas, trigo.                          |
| Virquenco   | Arándanos, lechería, remolacha, empastadas, silo maíz, engorda animales. |
| Virtud Campesina                                  | Trigo, avena, silo, remolacha, lechería, praderas, hortalizas            |





**Cuadro N°2: Reuniones con Instituciones**

| Fecha    | Lugar                         | Actividad   | Objetivo  | Participantes  |
|----------|-------------------------------|---|---|--|
| 2/11/05  | Negrete                       | Intercambio de Experiencias con PTT BBN   | Conocer forma de trabajo PTT de ACBBN   | PTT ACL  |
| 9/11/05  | Delegación Municipal Santa Fé | Reunión con Ing Agr. Manuel Contreras Delegado Municipal Santa Fe                 | Establecer contacto para cooperación mutua.                                   | Viviana Jaramillo<br>Catherine Delaveau<br>Héctor Sanhueza |
| 10/11/05 | INIA Quilamapu, Chillán       | Reunión con equipo Investigadores INIA y CNR.                                     | Explorar posibilidad de poder disponer de la capacidad profesional.           | Catherine Delaveau<br>Viviana Jaramillo<br>Héctor Sanhueza |
| 14/11/05 | Los Ángeles                   | Reunión con Sra. Patricia Grant encargada Desarrollo Productivo Municipalidad LA. | Complementar esfuerzos con la Oficina de Desarrollo Rural.                    | Catherine Delaveau<br>Viviana Jaramillo<br>Héctor Sanhueza |
| 12/12/05 | BIOTEC, Los Ángeles           | Reunión con INDAP para proyectos SIRSD.   | Disponibilidad recursos para SIRSD y exigencias en la elaboración proyectos.  | Catherine Delaveau   |
| 27/12/05 | Los Ángeles                   | Entrevista Jefe Área INDAP Sr. Marcelo Urrutia y SAG Sr. Colomer.                 | Conocer instrumentos de fomento a los cuales los usuarios ACL pueden acceder. | Catherine Delaveau   |
| 28/12/05 | Los Ángeles                   | Reunión con Ronald Leichtle de CODESSER (operador CORFO)                          | Conocer Instrumentos de Fomento de CORFO e INNOVA                             | Catherine Delaveau<br>Héctor Sanhueza A                    |
| 17/01/06 | BIOTEC, Los Ángeles           | Reunión INDAP para proyectos SIRSD.   | Conocer exigencias para elaboración proyectos SIRSD.                          | Catherine Delaveau   |
| 18/01/06 | Chillán                       | Contacto con Sr. Guillermo Riveros de FLORASEM                                    | Generar contacto para realización Gira Productiva.                            | Catherine Delaveau   |
| 23/01/06 | BIOTEC, Los Ángeles           | Contacto Sres. Gabriel Romero y Orlando Fuentes de Consultora BIOTEC              | Coordinar la elaboración de proyectos PDI y SIRSD para usuarios ACL.          | Catherine Delaveau<br>Héctor Sanhueza A                    |
| 30/01/06 | Municipalidad Los Ángeles     | Reunión con Sr. Raúl Correa de Desarrollo Productivo Municipalidad LA             | Conocer actividades desarrolladas por Desarrollo económico.                   | Catherine Delaveau<br>Viviana Jaramillo<br>Héctor Sanhueza |
| 31/01/06 | APILANG, Los Ángeles          | Reunión Informativa sobre Loque Americano   | Establecer contacto con empresas avícolas.                                    | Catherine Delaveau   |

|          |                    |  |  |  |
|----------|--------------------|--|--|--|
| 15/02/06 | Prodesal<br>Yumbel | Contacto con Ing. Agr. Roberto<br>Cser del Prodesal Yumbel       | Establecer contacto con<br>desarrollo agrícola de<br>otras comunas.                | Catherine Delaveau                                       |
| 01/03/06 | Los Ángeles        | Reunión Srta. Patricia Torres de<br>SERCOTEC.                    | Conocer concursos para<br>microempresarios.  | Viviana Jaramillo<br>Catherine Delaveau                  |
| 07/03/06 | Los Ángeles        | Día Campo BIOLECHE   | Generar contactos con<br>empresas agrícolas de la<br>zona                          | Catherine Delaveau                                       |
| 27/03/06 | Los Ángeles        | Contacto encargada OMIL para<br>cursos SENCE.                    | Conocer funcionamiento<br>cursos FONCAP en la<br>ciudad.                           | Viviana Jaramillo<br>Catherine Delaveau                  |
| 05/04/06 | Chillán            | Reunión informativa FIA<br>Chillan                               | Conocer especificaciones<br>para Proyectos de<br>Agricultura Familiar<br>Campesina | Catherine Delaveau                                       |
| 12/04/06 | Chillán            | Facultad Ing. Agrícola U de<br>Concepción, Chillán               | Cooperación en estudio<br>de eliminación “cola<br>yegua”                           | Alberto catalán<br>Catherine Delaveau<br>Héctor Sanhueza |
| 02/05/06 | Chillán            | Contacto Guillermo Riveros,<br>FLORASEM                          | Apoyo para realización<br>proyecto FIA.  | Catherine Delaveau<br>Viviana Jaramillo                  |
| 17/05/06 | Los Ángeles        | OTEC Valdivia Los Ángeles  | Conocer cursos FONTEC<br>dictados por OTEC para<br>su divulgación.                 | Catherine Delaveau<br>Viviana Jaramillo                  |
| 14/06/06 | Los Ángeles        | Jefe Carrera Universidad Santo<br>Tomas Srta Yessica Gonzáles    | Cooperación en futuros<br>seminarios y<br>capacitaciones.                          | Catherine Delaveau                                       |
| 26/07/06 | Los Ángeles        | Contacto zonal Driscoll´s Ing.<br>Agr. Mario Carrasco            | Generar posibilidad de<br>negocio y apoyo charla.                                  | Catherine Delaveau                                       |
| 28/08/06 | Los Ángeles        | Reunión con coordinadora Bio<br>Bio centro, Srta Margot Inzunza. | Conocer posibilidad de<br>financiamiento por medio<br>proyectos.                   | Catherine Delaveau                                       |



**Cuadro N°3:** Proyectos Productivos

| <b>PROYECTO</b>                                 |
|---|
| Gallinero para la producción de huevos de campo |
| Producción de huevos azules. (Gallina Araucana) |
| Cultivo de Liliium en Invernadero de 210 m2     |
| Cultivo de Calas en maceta en invernadero       |
| Cultivo de hortalizas en invernadero de 210 m2  |
| Plantel de producción de Caracoles              |
| Producción de Cerezas                           |
| Producción de Miel de Abejas                    |
| Cultivo de Frutilla                             |
| Cultivo de Orégano                              |

**Cuadro N°3:** Resumen Charlas Capacitación y N° Capacitados

| <b>Charla</b>                       | <b>Fecha</b>   | <b>Lugar</b>                 | <b>Relator</b>                          | <b>N° capacitados</b> |
|-------------------------------------|--|------------------------------|---|-----------------------|
| Instrumentos subsidios estatales    | Entre 31 noviembre 2005 y 12 enero 2006 (10 charlas) | Sectores de riego            | Catherine Delaveau<br>Viviana Jaramillo | 144                   |
| Balance Hídrico y Métodos de Riego  | 14 diciembre 2005                                    | Municipalidad de Los Ángeles | Guillermo Quiroga                       | 10                    |
| Gira Productiva Plantas medicinales | 23 marzo 2006  | Florasem S.A.                | Guillermo Riveros                       | 11                    |

|   |                    |                                |  |     |
|---|--------------------|--------------------------------|--|-----|
| Seminario Agropecuario  | 20 junio 2006      | Cámara de Comercio Los Angeles | Juan Pablo Aruta<br>Jorge Guzman<br>Magdalena Cáceres<br>Patricio Parra<br>Roberto Velasco | 50  |
| Cultivo y mercado Arándanos                                       | 26 julio 2006      | ACL                            | Mario Carrasco   | 9   |
| Poda Frutales   | 7 agosto 2006      | El Peral                       | Catherine Delaveau   | 10  |
| Poda Frutales   | 16 agosto 2006     | Santa Fé                       | Catherine Delaveau   | 13  |
| Invernaderos  | 29 agosto 2006     | ACL                            | Catherine Delaveau   | 14  |
| Métodos de Riego y Ley 18.450                                     | 31 agosto          | ACL                            | Pilar Vergara  | 12  |
| Métodos de riego y técnicas de riego según cultivo.               | 7 septiembre 2006  | ACL                            | Pilar Vergara  | 13  |
| Flores de corte   | 14 septiembre 2006 | ACL                            | Catherine Delaveau   | 9   |
| Flores de Corte   | 15 septiembre 2006 | Sta Fé                         | Catherine Delaveau   | 10  |
| Agricultura sustentable- BPA                                      | 5 octubre 2006     | ACL                            | Catherine Delaveau<br>Viviana Jaramillo  | 9   |
| Mantenimiento y Conservación de Infraestructura Intrapredial- BPR | 11 octubre         | ACL                            | Pilar Vergara  | 14  |
|   |                    |                                | TOTAL  | 328 |



## Seminario Agropecuario ACL

Los temas tratados fueron:

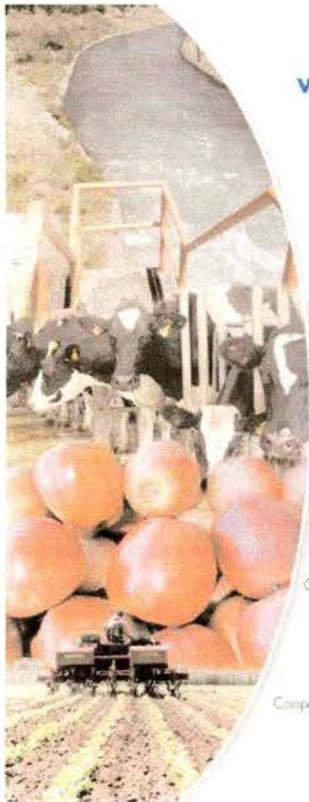
- Situación actual y perspectivas de la agricultura orgánica. Descontaminación de las aguas, expuesto por el Ingeniero Agrónomo de la Comisión Nacional de Riego M. Sc. Patricio Parra Contreras
- Mercado lechero de la zona expuesto por el Sr. Juan Pablo Aruta Madsen; Presidente de Aproleche Bio Bio A.G.
- Situación actual y perspectivas de los rubros tradicionales, expuesto por el Señor Jorge Guzmán Acuña, Presidente SOCABIO.
- Antecedentes de mercado y perspectivas para los principales frutales y hortalizas de la Región del Bio-Bio, expuesto por el Sr. Roberto Velasco Ingeniero Agrónomo economista INIA – Quilamapu
- Mercado futuro de la Manzana, expuesto por la Señora Magdalena Cruz. Ing. Agrónomo de INIA Quilamapu

Nº Asistentes: 50 personas

Perfil de los asistentes: pequeños y medianos agricultores, accionistas de la Asociación de Canalistas del Laja.

Colaboraron: INACAP Los Ángeles y Sociedad Agrícola y Ganadera del Bio-Bio SOCABIO.

Para la ocasión asistió prensa del diario local La Tribuna, los que anunciaron el Seminario en ejemplares del día y anteriores.



1º Seminario:  
**VISIÓN A MEDIANO Y LARGO  
 PLAZO DEL MERCADO  
 AGROPECUARIO EN LA  
 COMUNA DE LOS ÁNGELES.**

Lugar:  
 Cámara de Comercio,  
 Lautaro 267, Los Angeles.

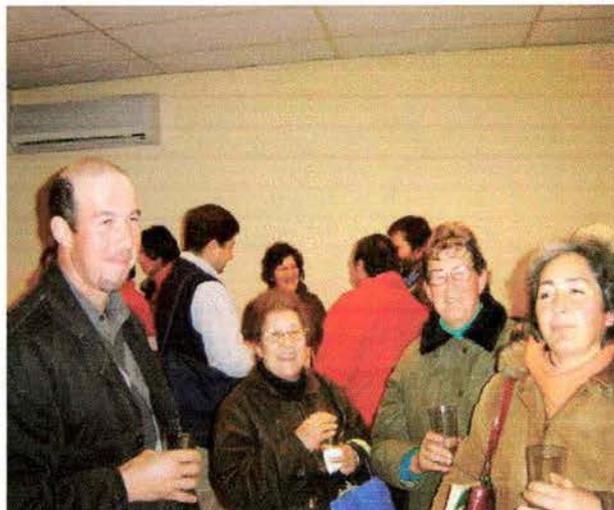
Fecha:  
 20 de Junio 2006  
 Desde las 09:00 a las 13:00 Hrs

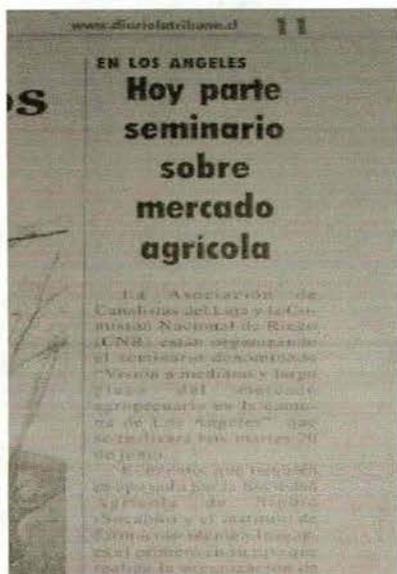
- Análisis de la oferta y demanda de los productos agropecuarios. Caracterización de los productos.
- Análisis de la oferta y demanda de los productos agropecuarios.
- Análisis de la oferta y demanda de los productos agropecuarios.
- Análisis de la oferta y demanda de los productos agropecuarios.

Organizan:



Cooperan:





## **Detalle Capacitaciones Realizadas**

### **A. CHARLA INSTRUMENTOS DE SUBSIDIO**

**Objetivo:** Orientar a los usuarios ACL las opciones que tienen los agricultores para optar a financiamiento a través de de los Instrumentos de Subsidio otorgados por distintas instituciones.

**Metodología:** exposición oral, entrega material impreso, utilización papelógrafo.

**Temario:**

1. ¿Qué es un Instrumento de Fomento?
2. Instituciones que otorgan Instrumentos de Fomento (CORFO; INNOVA; SERCOTEC, FIA; INDAP; SAG, CNR, PROCHILE, SENCE, CONAF)
3. Ley de Riego
4. Instrumentos de INDAP: SIRSD, PDI, Riego asociativo.
5. Modo de postular, pasos a seguir.

**Evaluación:** Observación y preguntas directas.

## **B. BALANCE HÍDRICO Y MÉTODOS DE RIEGO**

**Objetivo:** Conocer conceptos básicos de la relación suelo, planta y agua y los principales métodos de riego.

**Metodología:** exposición oral, material audiovisual, entrega de material

**Relator:** I. Agr. MSc. Guillermo Quiroga

**Organiza:** Municipalidad de Los Ángeles

### **Temario:**

1. Balance Hídrico y demanda de riego
  - Evapotranspiración de los cultivos
  - Balance hídrico del suelo
2. Sistemas de Riego
  - Riego gravitacional  
(Tendido, platabandas, surcos)
  - Riego presurizado
    - Riego presurizado a baja frecuencia
    - Riego localizado de alta frecuencia

## **C. CULTIVO Y MERCADO ARÁNDANOS**

**Objetivo:** Informar sobre el mercado del arándano, necesidades básicas para su cultivo y forma de trabajo empresa Driscoll's con pequeños agricultores.

**Metodología:** exposición oral, utilización pizarra.

### **Temario:**

- I. Antecedentes del cultivo
- II. Variedades Comerciales del Arándano
- III. Superficie del arándano
- IV. Mercado Nacional / Mercado Internacional
- V. Modo operación Empresa Driscoll's
- VI. Destino Exportaciones Chilenas de Arándano

**Evaluación:** observación directa

## **D. PODA FRUTALES**

**Objetivo:** Demostrar los principios básicos de poda en diferentes árboles frutales.

**Metodología:** exposición oral, material audiovisual, entrega apuntes.

**Temario:**

1. Definición y objetivo poda
2. Tipos de Poda  
(Formación, limpieza, fructificación, rejuvenecimiento)
3. Época de poda
4. Sistemas conducción  
(Vaso, pirámide, eje central, cordones)
5. Ejemplo poda en carozos y pomáceas

**Evaluación:** observación y pregunta directa

## **E. INVERNADEROS**

**Objetivo:** Educar a agricultores sobre el uso y manejo de invernaderos.

**Metodología:** exposición, material audiovisual, entrega apuntes y material.

**Temario:**

1. Invernaderos: Definición, ventajas y desventajas
  - Tipos de Invernaderos
  - (diente sierra, parral, capilla con y sin lucarna)
  - Ubicación – orientación
2. Manejo de Invernaderos
  - Temperatura
  - Radiación
  - Humedad relativa
  - Viento
  - Concentración gases

## **F. MÉTODOS DE RIEGO Y LEY 18.450**

**Objetivo:** Informar a los usuarios de la ACL sobre la Ley de Fomento al Riego y los métodos de riego.

**Metodología:** exposición, material audiovisual, entrega apuntes y material.

### **Temario:**

1. Tipos de Concurso
2. Requisitos que deben cumplir los postulantes
3. Derechos de Agua
4. Obras que pueden ser bonificadas  
(Pozos, tranques, canales, otras obras de arte, tecnificación)
5. Porque no se bonifican obras para regar por tendido
6. Preparación del Proyecto de riego  
(Aporte, quién lo presenta)
7. Selección y Puntaje
8. Construcción de Obras Bonificadas  
(Plazos, cobre del bono)
9. Calendario 2006

**Evaluación:** observación directa

## **G. MÉTODOS DE RIEGO Y TÉCNICAS DE RIEGO SEGÚN CULTIVO**

**Objetivo:** orientar a los agricultores sobre los métodos de riego más usados y eficientes para distintos cultivos.

**Metodología:** exposición, material audiovisual, entrega apuntes y material.

### **Temario:**

1. Necesidades de agua de los cultivos  
El agua en el suelo  
Cuando Regar (Indicadores del suelo, Indicadores de la planta)
2. Déficit hídrico y producción  
Periodos críticos de los cultivos (de la zona)
3. Sistemas de riego  
Tendido, Surco, Californiano, Aspersión y goteo, etc.

(Descripción, Eficiencia Ventajas y desventajas Costos /há.)

4. Cultivos que se adaptan a sistema de riego.
5. Balance Hídrico (EVT)

**Evaluación:** observación directa

## H. FLORES DE CORTE

**Objetivo:** Informar sobre el mercado actual de las flores de corte y el cultivo de algunas especies relevantes.

**Metodología:** exposición, material audiovisual, entrega apuntes y material.

**Temario:**

1. Generalidades
2. Mercado Internacional Flores
3. Mercado Nacional Flores
4. Tendencias de Mercado
5. El Cultivo del Liliium
6. El Cultivo de Zantedeschia (Cala)

**Evaluación:** observación y pregunta directa

## I. AGRICULTURA SUSTENTABLE- BPA

**Objetivo:** Identificar conceptos de uso habitual en la agricultura sustentable y Buenas Practicas Agrícolas.

**Metodología:** exposición, material audiovisual, entrega apuntes y material.

**Temario:**

1. BPA. Definiciones
  - Normas
  - Practicas agronómicas
  - Otras consideraciones
  - Certificaciones
2. Agricultura Orgánica
3. Agricultura Integrada

**Evaluación:** observación y pregunta directa

## **J. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA INTRAPREDIAL- BUENAS PRACTICAS DE RIEGO**

**Objetivo:** Orientar a pequeños agricultores sobre las Buenas Prácticas de Riego y su beneficio para la agricultura.

**Metodología:** exposición, material audiovisual, entrega apuntes y material.

**Temario:**

1. Buenas Prácticas de Riego
2. Aforos o mediciones de agua en Canales  
(Método volumétrico, método del vertedero)

**Evaluación:** observación y pregunta directa

## **Gira Productiva con Regantes ACL**

**Objetivo:** Conocer el Manejo de Plantas Medicinales cultivadas orgánicamente y sus perspectivas de Mercado.

**Lugar:** Florasem Ltda. Empresa ubicada en la Granja Orgánica Santa Cecilia (Km. 14 camino a las Termas de Chillán)

**Característica Empresa:** Empresa dedicada a la producción, validación e investigación de Hierbas medicinales, aromáticas y condimentarias completamente orgánicas (Libre de pesticidas y contaminantes).

**Contacto:** Ing. Agr. Guillermo Riveros Urzúa; tel: 42-1984331 cel. 098283257

**Fecha:** 23 marzo 2006.

**Participantes:** 10 usuarios de diferentes sectores Canal del Laja.

| <b>Participante</b>       | <b>Sector de Riego</b> |
|---------------------------|------------------------|
| 1. Darsy Martínez C.      | Avellano – El Huertón  |
| 2. José Robles E.         | Virtud Campesina       |
| 3. Guillermina Aguilar R. | Virtud Campesina       |
| 4. Cristina Martínez C.   | Avellano - El Huertón  |
| 5. Lucía Ramirez T.       | Virquenco              |
| 6. Rosalba Puentes M      | Puentes Medina         |
| 7. Víctor Vega            | Roto Chileno           |
| 8. Guillermo Roa          | Avellano El Huertón    |
| 9. Carmen Gonzáles S.     | Lomas Duqueco          |
| 10. Fresia Báez           | Puentes Medina         |

La gira se realizó el jueves 23 de mayo, se visitó la empresa Florasem Ltda. situada a 14 km de la ciudad de Chillán camino a Pinto. La empresa se dedica al cultivo de plantas Medicinales bajo el sistema de Agricultura orgánica y está certificada por OKO Garantie Alemania bajo normas europeas y americanas. El guía fue su gerente y propietario Ing. Agr. Sr. Guillermo Riveros quien relató los inicios de la empresa Florasem y sus principales objetivos así como también las perspectivas futuras de la misma.

Los Agricultores Participantes de la salida a terreno pudieron conocer las oportunidades que se avecinan con un sistema de cultivo orgánico y el mercado de las plantas Medicinales.



### **Cartillas en Técnicas de Producción**

a).- Cartilla N° 1 : COMPOST: Mejora la retención de agua en el suelo.

- N° de Ejemplares: 500
- Destinatarios: Pequeño y mediano agricultor, principalmente mujeres campesinas, dueñas de casa.-
- Distribución : Meses de Marzo y Abril en forma directa en reuniones sectoriales y comparendos de canales.

Considerando que el compost es una forma eficiente y barata de mejorar la estructura y calidad del suelo y ya que los terrenos que pertenecen a los usuarios del sector norte de la ACL son principalmente de origen arenoso no aptos para todo cultivo, además que la resultados con la utilización de este elemento es rápido de observar por el pequeño agricultor, esta cartilla tiene el fin que la gente se motive y realice la actividad para su propio beneficio, además todo aquel que lo requiera contará con el apoyo del profesional en la confección del mismo.

b).- Cartilla N° 2 : Consideraciones para Construcción un Invernadero

- N° de Ejemplares : 500
- Destinatarios : Pequeños agricultores y Mujeres campesinas dueñas de casa.-
- Distribución : Meses de Marzo y Abril en forma directa en reuniones sectoriales y comparendos de canales.

Dentro de las necesidades levantadas en los diferentes sectores de riego principalmente en los lugares donde el cultivo de hortalizas es sustento de la familia, los agricultores aún tienen vacíos en cuanto al uso de los invernaderos y su mantención, es por esto que esta cartilla pretende orientarlos de una manera fácil y didáctica los puntos a considerar al construir una de estas estructuras, educando desde el principio para evitar los problemas que normalmente se presentan al contar con un Invernadero.

c).- Cartilla N°3: Informativo sobre la Asociación

- N° de Ejemplares : 2000
- Destinatarios : Todos los usuarios de ACL.
- Distribución : En conjunto con la citación a los comparendos 2006.

La comunicación entre los usuarios y la Asociación de Canalistas del Laja, requiere de un trabajo permanente de acercamiento y retroalimentación, es así como la información se torna una herramienta indispensable a la hora de establecer una efectiva y eficaz comunicación entre estos. Para ello se elaboró una cartilla dando a conocer la Misión y la Visión de la Asociación como forma de crear identidad y empoderamiento entre sus usuarios, junto con otorgarles la información necesaria para considerar la participación en los comparendos como una instancia válida de participación y ejercicio de sus derechos.

d).- Cartilla N°4: Factores que Determinan la elección del Método de Riego.

- N° de Ejemplares : 300
- Destinatarios : Pequeños y medianos agricultores usuarios ACL.
- Distribución : En reuniones Sectoriales, visitas terreno, etc.

En el diagnóstico efectuado a la ACL se observó que el método de riego más utilizado por los usuarios es el riego gravitacional (socios individuales y socios empresa), sólo un bajo porcentaje de socios cuentan con un riego tecnificado y se encuentra directamente relacionado a la rentabilidad del cultivo que éstos producen. Esta cartilla tiene como fin dar a conocer de un modo simple los diferentes factores que se deben considerar al momento de elegir un método de riego. De esta forma se les incentiva a los agricultores barajar las posibilidades de implementar un sistema de riego.

d).- Cartilla N°5: Buenas Prácticas de Riego.

- N° de Ejemplares : 300
- Destinatarios : Pequeños y medianos agricultores usuarios ACL.
- Distribución : En reuniones Sectoriales, visitas terreno, etc.

Dada la importancia que tiene el agua en toda la cadena alimenticia es que se hace necesario abordar la temática de las Buenas Prácticas de Riego. Ellas incluyen una serie de medidas como son las necesidades de riego, diseño del riego, distribución del agua, programación del riego, salinización, erosión, etc. En esta oportunidad se abordó el tema de distribución de agua que tiene directa relación con la principal función que desempeña la ACL "Administrar, conducir y distribuir las aguas a las cuales tienen derecho sus miembros, contribuyendo así al desarrollo económico y social del territorio".

e).- Cartilla N° 6 : LAS HELADAS: métodos para prevenir y controlar su incidencia

- N° de Ejemplares : 300
- Destinatarios : Pequeño y mediano agricultor.
- Distribución : A partir del mes de Julio en forma directa en reuniones, capacitaciones, etc.

Durante la época de invierno, donde se sitúa la ACL, son frecuentes las heladas. Estas se extienden hasta fines de octubre, época en la cual los cultivos de primavera están en sus primeras etapas de desarrollo siendo susceptibles a los cambios de temperatura pudiendo provocar un daño severo. Es por esto que esta cartilla da recomendaciones para los pequeños agricultores para que puedan proteger o mitigar los daños que puedan causar las heladas.

f).- Cartilla N° 7 : Productos alternativos para el manejo de plagas y enfermedades.

- N° de Ejemplares : 300
- Destinatarios : Pequeños agricultores.
- Distribución : A partir mes de Agosto en reuniones y capacitaciones.

Considerando que un 40 % de los usuarios del ACL son pequeños agricultores y dada su necesidad de conocimiento para alternativas de bajo costo para proteger sus cultivos y así como también el auge que tiene hoy en día la Agricultura orgánica es que esta Cartilla pretende dar a conocer algunos usos que se le dan a plantas para el control de plagas y enfermedades, ayudándolos así a obtener mejor calidad de cultivos a bajo costo.

g).- Cartilla N° 8: ¿Cómo distinguir los síntomas de deficiencias de nutrientes?

- N° de Ejemplares : 300
- Destinatarios : Pequeños y medianos agricultores.
- Distribución : A partir mes de Septiembre en reuniones y capacitaciones.

Es importante un diagnóstico oportuno de los síntomas que pudieran presentar los cultivos como consecuencia de alguna deficiencia nutricional ya que esto permitirá una rápida intervención para evitar bajas en los rendimientos y/o daños irreversibles en la producción. Esta cartilla tiene como fin enseñar de un modo sencillo y didáctico la sintomatología que presentan las plantas según la deficiencia de algún nutriente dentro de ella y el modo de reconocerlas de otros síntomas que se puedan dar en el cultivo.

h) Cartilla N° 9: Gestión agrícola

- N° de Ejemplares : 300
- Destinatarios : Pequeños y medianos agricultores.
- Distribución : A partir mes de octubre.

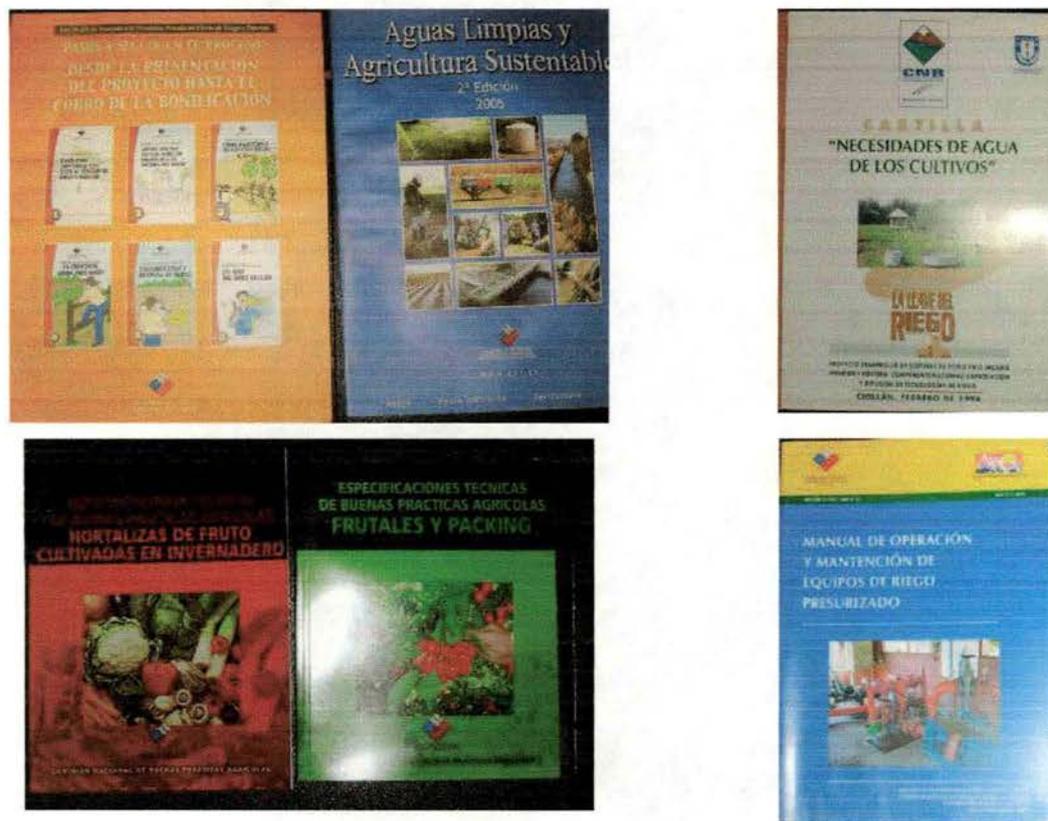
Esta cartilla tiene como fin entregar conocimientos sobre la gestión agrícola, tema de vital importancia dentro del predio ya que ayuda a los agricultores a realizar una elección correcta entre una empresa de cultivos y/o de cría de animales, de acuerdo a su propio nivel de disponibilidad económica, de mano de obra y de tierras y según el nivel de riesgos adversos que una u otra presenten.

i) Cartilla N° 10: Control de Gestión Agrícola

- N° de Ejemplares : 300
- Destinatarios : Pequeños y medianos agricultores.
  - Distribución : A partir mes de octubre

Las decisiones en materia de gestión agrícola deben poder apoyarse en una buena información y para ello puede recurrirse al mantenimiento de registros o a la realización de estudios específicos. Esta cartilla simplifica los conceptos y grafica el item a cual pertenecen para así lograr una evaluación certera.

Junto con la distribución de las cartillas desarrolladas por el PTT se realizó la distribución de material entregado por la CNR como una manera de llegar a los usuarios de la ACL en terreno y así incentivar su asistencia a las capacitaciones. También se entregaron Cartillas específicas según el tema de la charla dictada para premiar asistencia a ellas. El número total de cartillas impresas durante el programa fue 5.100 ejemplares.







### CONSIDERACIONES PARA CONSTRUIR UN INVERNADERO

**E**l invernadero es un lugar cubierto con la finalidad de crear un ambiente más favorable para la producción de hortalizas y frutas, además de una estructura a una cubierta permanente, con suficiente altura para reducir en un 50% los niveles de ruidos que necesitan los cultivos.

El invernadero es un edificio rústico que asegura la temperatura del lugar con respecto al exterior, lo que se traduce en un crecimiento del ciclo de la planta al estar en un área siempre protegida de las variaciones de temperatura. Además de la exposición, el invernadero reduce la humedad relativa y reduce el nivel de consumo de CO<sub>2</sub> y la acción de los vientos. También es una zona protegida de las plagas de insectos y enfermedades que pueden atacar a los cultivos.



#### Características generales, ventajas y desventajas de los invernaderos

- |   |  |
|---|--|
| <p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor rendimiento y calidad de las plantas. Mayor productividad.</li> <li>Obtención de cosecha fuera de época y durante más tiempo al alargarse el ciclo de las plantas.</li> </ul> | <p><b>Desventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elevada inversión económica.</li> <li>Exige mayor capacitación técnica del agricultor.</li> <li>Mayor desarrollo de plagas de los cultivos, lo que exige un mayor número de tratamientos fitosanitarios.</li> </ul> |
|---|--|

#### Consideraciones técnicas

- Tipo de suelo:** Se deben elegir suelos con buen drenaje y alta permeabilidad en que el invernadero permanezca por una temporada en el mismo lugar. Sin embargo, en los mismos terrenos de largo plazo es recomendable suelo con buen drenaje y cubiertas vegetales.
- Temperatura:** Son preferibles suelos con poca pendiente y donde se evita riesgo de aparcamiento.
- Vientos:** Se deben tener en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos predominantes. El lugar tiene que ser protegido y evitar fuertes luvias, lo que se logra si donde existe brisa suave que permita una adecuada ventilación.

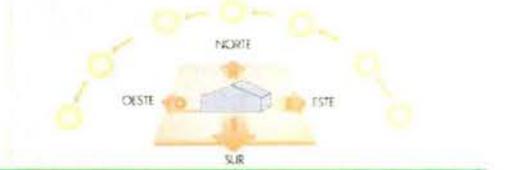


- Exposición favorable de la zona al sol. En un cultivo que requiere mucha cantidad de volumen de agua se debe evitar de cubrir durante el día que sea el invernadero.
- Disponibilidad de agua de riego (factor fundamental).
- Disponibilidad que el agua debe estar en una zona de la tierra de agua y de fertilidad.
- La estructura del invernadero es más pesada que las estructuras de otros cultivos. Se debe considerar el material del suelo y la dirección de los vientos predominantes.

En cuanto con el movimiento del viento. Es importante que se considere la dirección del viento.

El material de la cubierta de un invernadero puede tener variada altura (altura del cultivo), así como el tipo de material de la cubierta, pero se debe considerar la posibilidad de que el viento pueda dañar la estructura.

Considerar el material de la cubierta y la altura de la estructura de la cubierta de la estructura, pero se debe considerar la posibilidad de que el viento pueda dañar la estructura.



### BUENAS PRÁCTICAS DE RIEGO (BPR)

**L**as Buenas Prácticas de Riego (BPR), son un conjunto de recomendaciones técnicas, agrónomas, económicas, ambientales y aplicables a todas aquellas situaciones donde el agua es un recurso esencial para el desarrollo de la agricultura, con el objetivo de mejorar el uso del agua, minimizando el impacto ambiental, mejorando la calidad y seguridad de la producción.

Un recurso de buena calidad debe conseguir que toda la superficie afectada reciba la misma cantidad de agua (uniformidad) y que ésta quede almacenada en la zona del suelo donde el sistema radicular la absorbe (eficiencia).

Entre los objetivos principales a conseguir en un programa de BPR se pueden considerar:

- maximizar la uniformidad de aplicación del agua de riego, a través de la selección de adecuados métodos de riego;
- maximizar la eficiencia de uso de la agua a través de una programación oportuna del riego;
- maximizar la infiltración de agua en la zona de raíces;
- minimizar la erosión de los suelos;
- minimizar las pérdidas de agua (por evaporación profunda y escorrentía superficial);
- minimizar la concentración de sales en superficie;
- minimizar el trabajo de sales y elementos solubles en profundidad.

Entre los objetivos que se deben considerar en el programa de BPR se pueden considerar:

- maximizar la uniformidad de aplicación del agua de riego;
- maximizar la eficiencia de uso de la agua a través de una programación oportuna del riego;
- maximizar la infiltración de agua en la zona de raíces;
- minimizar la erosión de los suelos;
- minimizar las pérdidas de agua (por evaporación profunda y escorrentía superficial);
- minimizar la concentración de sales en superficie;
- minimizar el trabajo de sales y elementos solubles en profundidad.



El riego es una actividad que requiere de mucha atención y planificación, ya que el agua es un recurso esencial para el desarrollo de la agricultura, con el objetivo de mejorar el uso del agua, minimizando el impacto ambiental, mejorando la calidad y seguridad de la producción.

Entre los objetivos principales a conseguir en un programa de BPR se pueden considerar:

- maximizar la uniformidad de aplicación del agua de riego, a través de la selección de adecuados métodos de riego;
- maximizar la eficiencia de uso de la agua a través de una programación oportuna del riego;
- maximizar la infiltración de agua en la zona de raíces;
- minimizar la erosión de los suelos;
- minimizar las pérdidas de agua (por evaporación profunda y escorrentía superficial);
- minimizar la concentración de sales en superficie;
- minimizar el trabajo de sales y elementos solubles en profundidad.

#### Distribuidor del agua

Entre los objetivos principales a conseguir en un programa de BPR se pueden considerar:

- maximizar la uniformidad de aplicación del agua de riego, a través de la selección de adecuados métodos de riego;
- maximizar la eficiencia de uso de la agua a través de una programación oportuna del riego;
- maximizar la infiltración de agua en la zona de raíces;
- minimizar la erosión de los suelos;
- minimizar las pérdidas de agua (por evaporación profunda y escorrentía superficial);
- minimizar la concentración de sales en superficie;
- minimizar el trabajo de sales y elementos solubles en profundidad.





## ¿CÓMO DISTINGUIR LOS SÍNTOMAS DE DEFICIENCIAS DE NUTRIENTES?

**E** importante aprender a distinguir los síntomas de deficiencias nutricionales en los cultivos para diferenciarlos de otros síntomas ocasionados por otros factores como: plagas, enfermedades o un grado de madurez de la planta. La identificación de los síntomas de deficiencias nutricionales debe ser un proceso de diagnóstico.

### Deficiencia de Nitrógeno

Las deficiencias de nitrógeno se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de nitrógeno se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen.

### Deficiencia de Fósforo

Las deficiencias de fósforo se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de fósforo se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen.

### Deficiencia de Potasio

Las deficiencias de potasio se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de potasio se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen.



Las deficiencias de nitrógeno se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de nitrógeno se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen.

### Distribución de los síntomas en el cultivo

Las deficiencias de nitrógeno se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de nitrógeno se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen.



Las deficiencias de nitrógeno se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de nitrógeno se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen.

Las deficiencias de fósforo se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de fósforo se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen.

Las deficiencias de potasio se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de potasio se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen.

Caroline Delgado Soto  
Ingeniera Agrónoma

| Las deficiencias de nutrientes en los cultivos |   |
|--|---|
| <b>Nitrógeno</b>                               | Las deficiencias de nitrógeno se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de nitrógeno se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen. |
| <b>Fósforo</b>                                 | Las deficiencias de fósforo se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de fósforo se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen.     |
| <b>Potasio</b>                                 | Las deficiencias de potasio se manifiestan por la menor producción de cultivos, menor crecimiento de la planta y menor tamaño. Los síntomas de deficiencia de potasio se manifiestan en las hojas inferiores de la planta, donde se vuelven amarillentas y se caen.     |



## PRODUCTOS ALTERNATIVOS PARA EL MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.

**L**os productos alternativos para el manejo de plagas y enfermedades son aquellos que se obtienen a partir de plantas, animales o minerales. Estos productos son seguros para el medio ambiente y para la salud humana.



**Chito (Chitosano)**  
Este producto se obtiene a partir de la quitina de los crustáceos. Es un producto natural que actúa como repelente y fungicida.



**Chito (Chitosano)**  
Este producto se obtiene a partir de la quitina de los crustáceos. Es un producto natural que actúa como repelente y fungicida.



**Chito (Chitosano)**  
Este producto se obtiene a partir de la quitina de los crustáceos. Es un producto natural que actúa como repelente y fungicida.



Los productos alternativos para el manejo de plagas y enfermedades son aquellos que se obtienen a partir de plantas, animales o minerales. Estos productos son seguros para el medio ambiente y para la salud humana.

Los productos alternativos para el manejo de plagas y enfermedades son aquellos que se obtienen a partir de plantas, animales o minerales. Estos productos son seguros para el medio ambiente y para la salud humana.

Los productos alternativos para el manejo de plagas y enfermedades son aquellos que se obtienen a partir de plantas, animales o minerales. Estos productos son seguros para el medio ambiente y para la salud humana.

Caroline Delgado Soto  
Ingeniera Agrónoma

| Componente | Chito | Chito | Chito |
|------------|-------|-------|-------|
| Chito      | 10%   | 10%   | 10%   |
| Chito      | 10%   | 10%   | 10%   |
| Chito      | 10%   | 10%   | 10%   |
| Chito      | 10%   | 10%   | 10%   |

**UNIDAD 1.1.1**

El primer paso en el monitoreo de cerros hediondos es la identificación de los sitios a monitorear. Para esto se debe tener en cuenta la información que se tiene de los cerros hediondos en la zona de la Sierra de la Neblina, Guayas.

| LISTA DE CERROS HEDIONDOS EN LA ZONA DE LA SIERRA DE LA NEBLINA, GUAYAS |             |
|---|-------------|
| NOMBRE DEL CERRO  | LOCALIDAD   |
| 1. Cerro de la Cruz   | San Antonio |
| 2. Cerro de la Cruz   | San Antonio |
| 3. Cerro de la Cruz   | San Antonio |
| 4. Cerro de la Cruz   | San Antonio |
| 5. Cerro de la Cruz   | San Antonio |
| 6. Cerro de la Cruz   | San Antonio |
| 7. Cerro de la Cruz   | San Antonio |
| 8. Cerro de la Cruz   | San Antonio |
| 9. Cerro de la Cruz   | San Antonio |
| 10. Cerro de la Cruz  | San Antonio |

Una vez se ha identificado los cerros hediondos a monitorear, se debe establecer un plan de monitoreo que incluya la frecuencia de las visitas, los parámetros a medir y los recursos necesarios para llevar a cabo el monitoreo.



**UNIDAD 1.1.2**

El segundo paso en el monitoreo de cerros hediondos es la recolección de muestras de agua y suelo. Para esto se debe seguir ciertos procedimientos que aseguran la calidad de las muestras.

| PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA Y SUELO |  |
|---|--|
| 1. Preparación de los recipientes para las muestras.          | Se deben utilizar recipientes de plástico o vidrio que hayan sido esterilizados previamente.                       |
| 2. Selección del sitio de muestreo.                           | Se debe seleccionar un sitio que represente el cerro hediondo y que sea accesible.                                 |
| 3. Recolección de la muestra de agua.                         | Se debe recolectar la muestra de agua directamente del manantial o del río, evitando tocar el fondo o las paredes. |
| 4. Recolección de la muestra de suelo.                        | Se debe recolectar la muestra de suelo a una profundidad de 10-15 cm, evitando tocar la superficie.                |
| 5. Etiquetado de las muestras.                                | Se debe etiquetar cada muestra con el nombre del cerro hediondo y la fecha de recolección.                         |
| 6. Transporte de las muestras.                                | Se debe transportar las muestras a un laboratorio de análisis de manera segura.                                    |



**UNIDAD 1.1.3**

El tercer paso en el monitoreo de cerros hediondos es el análisis de las muestras. Para esto se debe utilizar técnicas de laboratorio que permitan determinar la concentración de los contaminantes.

| MÉTODOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA Y SUELO |                         |
|---|-------------------------|
| MUESTRA   | MÉTODO DE ANÁLISIS      |
| 1. Muestra de agua                              | Análisis de laboratorio |
| 2. Muestra de agua                              | Análisis de laboratorio |
| 3. Muestra de agua                              | Análisis de laboratorio |
| 4. Muestra de agua                              | Análisis de laboratorio |
| 5. Muestra de agua                              | Análisis de laboratorio |
| 6. Muestra de agua                              | Análisis de laboratorio |
| 7. Muestra de agua                              | Análisis de laboratorio |
| 8. Muestra de agua                              | Análisis de laboratorio |
| 9. Muestra de agua                              | Análisis de laboratorio |
| 10. Muestra de agua                             | Análisis de laboratorio |

Una vez se han analizado las muestras, se debe interpretar los resultados y determinar si los niveles de contaminación son aceptables o si se requiere tomar medidas de control.



**UNIDAD 1.1.4**

El cuarto paso en el monitoreo de cerros hediondos es la toma de medidas de control. Para esto se deben implementar acciones que reduzcan la contaminación y mejoren la calidad del ambiente.

| MEDIDAS DE CONTROL PARA CERROS HEDIONDOS |   |
|--|---|
| 1. Construcción de sistemas de drenaje.  | Se deben construir sistemas de drenaje que permitan eliminar el exceso de agua de los cerros hediondos. |
| 2. Siembra de plantas nativas.           | Se deben sembrar plantas nativas que ayuden a mejorar la calidad del suelo y del agua.                  |
| 3. Eliminación de residuos sólidos.      | Se deben eliminar los residuos sólidos de los cerros hediondos para evitar la contaminación.            |
| 4. Control de la erosión.                | Se deben implementar medidas de control de la erosión para evitar la pérdida de suelo.                  |
| 5. Educación de la comunidad.            | Se debe educar a la comunidad sobre la importancia del monitoreo y el control de los cerros hediondos.  |





## PROGRAMA

**FECHA:** MIÉRCOLES, 03 DE OCTUBRE DE 2006, 15.30 Hrs.

**LUGAR:** ESCUELA AGRÍCOLA EL HUERTÓN, LOS ANGELES.

- |               |   |
|---------------|---|
| 15:30 - 15:45 | <b>INSCRIPCIONES</b>  |
| 15:45 - 16:00 | <b>APERTURA</b><br>JORGE GUZMÁN A. - PRESIDENTE SOCABIO<br>LUIS SCHMIDT M. - PRESIDENTE SNA.  |
| 16:00 - 16:40 | <b>CONTABILIDAD AGRÍCOLA SIMPLIFICADA</b><br>APLICACIÓN PRÁCTICA CON UN ESPECIALISTA DE PRICE WATERHOUSE COOPERS.                       |
| 16:40 - 17:00 | CAFÉ  |
| 17:00 - 17:40 | <b>SUBCONTRATACIÓN LABORAL</b> , APLICACIÓN PRÁCTICA<br>CON EL FISCAL DE LA SOCIEDAD NACIONAL DE AGRICULTURA<br>ABOGADO EDUARDO RIESCO. |
| 17:45         | CIERRE  |





**GOBIERNO DE CHILE**  
**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

**PROGRAMA DE TRANSFERENCIA DE  
CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES PARA EL  
MANEJO Y DESARROLLO DE CUENCAS  
HIDROGRAFICAS ETAPA II,  
CANAL LAJA**

**ANEXO N°11**

**ASOCIACION DE CANALISTAS DEL LAJA**

**Listado de Asistencia a Capacitaciones y Talleres**

**NOMBRE PROGRAMA:** Programa de Transferencia de Conocimientos y Habilidades de Cuencas Hidrográficas, Canal Laja  
**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

**Nombre organización:** Asociación Canalistas del Laja

**Nombre de actividad:** Charlas de Capacitación

**Lugar:** ACL

| N° | Nombre y Apellido    | Sexo (M/F) | CHARLAS |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----------------------|------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    |                      |            | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 1  | Suc Candia Jara      | M          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2  | Abel Guajardo        | M          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3  | Adan Puentes         | M          |         | x |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4  | Adonis Pinar         | M          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 5  | Alberto Muñoz        | M          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 6  | Alejandro Marín      | M          |         |   |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 7  | Alfredo Scholz       | M          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 8  | Alicia Cuevas        | F          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 9  | Ana Maria Morales J. | F          | x       |   |   |   |   |   | x | x |   |    | x  | x  | x  |    |    | x  | x  | x  |    |
| 10 | Ana Sandoval G       | F          |         |   |   |   |   |   | x |   |   |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 11 | Andrés Anabalón      | M          |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 12 | Andrés Arriagada     | M          |         |   |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 13 | Andres Lobos         | M          |         | x |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 14 | Angelina Sarmiento   | F          |         |   |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |
| 15 | Antonio Contreras    | M          | x       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 16 | Armando Sanzana      | M          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 17 | Arturo Sanhueza      | M          |         | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 18 | Aurora Mena          | F          |         |   |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 19 | Benedicto Sepulveda  | M          |         |   |   | x |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |
| 20 | Bernardo Becerra     | M          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 21 | Blanca Luarte B.     | F          |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 22 | Brigido Cid G.       | M          |         | x | x |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |
| 23 | Camilo Castillo      | M          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 24 | Carlos Burgos        | M          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 25 | Carlos Cortes v      | M          |         | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 26 | Carmelo Loyola P.    | M          |         |   | x |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |
| 27 | Carmelo Oliva        | M          |         | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |    |
| 28 | Carmen González      | F          |         |   |   |   |   | x |   |   |   |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |
| 29 | Carmen Gutierrez     | F          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 30 | Celmira Valdebenito  | F          |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 31 | Cerlindo Gonzalez    | M          |         | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 32 | Clara Cifuentes      | F          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 33 | Carmen Muñoz         | F          |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 34 | Cristian Rivera      | M          |         |   |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 35 | Cristina Martinez C. | F          |         |   |   |   |   | x | x |   |   |    |    |    |    | x  | x  | x  |    | x  |    |

- 1 Organización
- 2 Jurídico
- 3 Instrumentos subsidios estatales
- 4 Balance Hídrico y Métodos de Riego
- 5 Gira Productiva Plantas medicinales
- 6 Seminario Agropecuario
- 7 Cultivo y mercado Arándanos
- 8 Poda Frutales
- 9 Poda Frutales
- 10 Invernaderos
- 11 Métodos de Riego y Ley 18.450
- 12 Métodos de riego y técnicas de riego según Cultivo
- 13 Flores de corte
- 14 Flores de corte
- 15 Agricultura sustentable- BPA
- 16 Mantenimiento y Conservación de Infraestructura Intrapredial- BPR
- 17 Control gestión y registros prediales
- 18 Seminario Contabilidad Simplificada y Ley de Subcontratación
- 19 Encuentro Bocatoma





| N°  | Nombre y Apellido    | Sexo<br>(M/F) | CHARLAS |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----------------------|---------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|     |                      |               | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 122 | Juan Acuña           | M             |         |   |   |   |   | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |
| 123 | Juan Bascuñan        | M             |         | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 124 | Juan Carlos Gonzalez | M             |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |
| 125 | Juan Cifuentes       | M             |         |   |   |   |   | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 126 | Juan De Dios Panes   | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 127 | Juan Espinoza F      | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 128 | Juan Figueroa        | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 129 | Juan Lopez           | M             |         | x |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 130 | Juan Marin           | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 131 | Juan Medina          | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 132 | Juan Muñoz Melo      | M             |         | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 133 | Juan Pablo Marin     | M             |         | x |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 134 | Juan Puentes S.      | M             |         | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 135 | Juan Ramirez R       | M             |         | x |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 136 | Juan Riquelme G.     | M             |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |    |
| 137 | Juan Segundo Flores  | M             |         | x |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 138 | Juan Sierra Mora     | M             |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |
| 139 | Juan Soto R          | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 140 | Juan Uarac           | M             |         |   |   |   |   |   |   |   |   | x  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 141 | Juan Vallejos        | M             |         |   |   |   |   | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 142 | Juan Yañez           | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 143 | Juana Cabezas        | F             |         |   | X |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 144 | Juana Matamala       | F             |         |   |   |   |   |   |   |   | x |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 145 | Julia Plaza          | F             | x       |   | x |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 146 | Julio Cea            | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 147 | Julio Cea P.         | M             |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | x  |    |    |    |    |
| 148 | Julio Riquelme       | M             |         |   | x | x |   | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 149 | Juvenal Mella        | M             |         | x | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 150 | Laura Gonzalez       | F             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 151 | Lucia Duran C.       | F             |         | x |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 152 | Lucia Ramirez T.     | F             |         |   |   |   | x |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 153 | Luciano Salazar      | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 154 | Luis Cabezas         | M             |         | x |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 155 | Luis Gonzalez        | M             |         | x |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 156 | Luis Medina T        | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 157 | Luis Morales         | M             |         |   | x |   |   | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 158 | Luis Otarola         | M             |         |   | x |   |   | x |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | x  |
| 159 | Luis Parada          | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 160 | Luis Ramirez         | M             |         | x |   |   |   |   | x |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 161 | Luis Saez            | M             | x       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 162 | Luis Valdebenito     | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 163 | Luis Villanueva      | M             |         |   | x |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 164 | Luisa Redel K.       | F             |         |   |   |   |   | x |   |   |   | x  | x  | x  | x  |    |    | x  | x  |    |    |







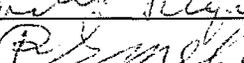
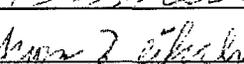
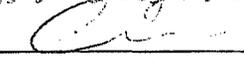
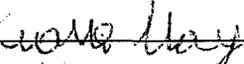
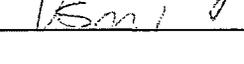






## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:**  
**Sector (es) de Riego:** Avellano - El huertón.  
**Lugar:** Asoc.  
**Fecha:** 24-1-2006 **Hora:** 15<sup>00</sup>  
**Monitores:** Héctor Sanhueza A.  
 Catherine Delaveau S

|    | NOMBRE                            | FIRMA   |
|----|-----------------------------------|---|
| 1  | Patricio Espinoza (A)             |    |
| 2  | Jaime Vittarroel (H)              |    |
| 3  | Carlos Morales (ELIANA PARRERA)   |    |
| 4  | Julio Riquelme (H)                |    |
| 5  | Rafael Medina (A)                 |    |
| 6  | Juan Cifuentes                    |    |
| 7  | CRISTINA VITTARROEL Cifuentes (H) |   |
| 8  | Guillermo Mayo *                  |  |
| 9  | Maria Sepulveda                   |  |
| 10 |                                   |   |
| 11 |                                   |   |
| 12 |                                   |   |
| 13 |                                   |   |
| 14 |                                   |   |
| 15 |                                   |   |
| 16 |                                   |   |
| 17 |                                   |   |
| 18 |                                   |   |
| 19 |                                   |   |
| 20 |                                   |   |
| 21 |                                   |   |
| 22 |                                   |   |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Capacitación Organizacional y Legal

**Sector (es) de Riego:** Santa Fé

**Lugar:** Biblioteca Municipal Sta Fé

**Fecha:** 13 diciembre 2005      **Hora:** 15 hrs

**Monitores:** Héctor Sanhueza (Administrador)

Pablo Palacios (Abogado)

Alberto Catalán (Ing, civil Hidráulico)

Catherine Delaveau (Ing. Agrónomo)

|    | NOMBRE                    | FIRMA                          |
|----|---------------------------|--------------------------------|
| 1  |                           |                                |
| 2  |                           | <i>[Handwritten signature]</i> |
| 3  |                           | <i>[Handwritten signature]</i> |
| 4  |                           | <i>[Handwritten signature]</i> |
| 5  |                           |                                |
| 6  |                           |                                |
| 7  |                           | <i>[Handwritten signature]</i> |
| 8  |                           | <i>[Handwritten signature]</i> |
| 9  | <i>[Handwritten name]</i> | <i>[Handwritten signature]</i> |
| 10 |                           | <i>[Handwritten signature]</i> |
| 11 |                           | <i>[Handwritten signature]</i> |
| 12 |                           |                                |
| 13 |                           | <i>[Handwritten signature]</i> |
| 14 | <i>[Handwritten name]</i> | <i>[Handwritten signature]</i> |
| 15 |                           |                                |
| 16 |                           |                                |
| 17 |                           |                                |
| 18 |                           |                                |
| 19 |                           |                                |
| 20 |                           |                                |
| 21 |                           |                                |
| 22 |                           |                                |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Puertos Medina.

**Sector (es) de Riego:**

**Lugar:**

**Fecha:** 25 Enero 2006 **Hora:** 15,00 hrs.

**Monitores:** Carlos J. J.      Catherine Delacruz  
 Pablo Palacios      Viviana Jaramilla  
 Alberto Catalán

|    | NOMBRE                                       | FIRMA                  |
|----|--|------------------------|
| 1  | Rocío Durán Caliz <sup>Representante a</sup> | Carmen Caliz Rodriguez |
| 2  | José Anibalino D                             |                        |
| 3  | Humilde Sarmiento                            |                        |
| 4  | Adán Puente S                                |                        |
| 5  | Jorge Alboroz                                |                        |
| 6  | Sergio Sarmiento                             |                        |
| 7  | Luis Romeros                                 |                        |
| 8  | JUAN PUENTE S                                |                        |
| 9  | Juanita Sarmiento                            |                        |
| 10 | Romero Cabeza Espinosa                       |                        |
| 11 | DAVID ORTIZ S                                |                        |
| 12 | Nicolas Puente S                             |                        |
| 13 | Viviana Medina Morales                       |                        |
| 14 | <del>Florencia Morales</del>                 | Florencia Morales      |
| 15 | José Ramón Sarmiento                         |                        |
| 16 | Carlos Iván Cortez Villal                    |                        |
| 17 | Elvina Oliva                                 | Elvina                 |
| 18 | Carmena Uribe                                |                        |
| 19 |  |                        |
| 20 |  |                        |
| 21 |  |                        |
| 22 |  |                        |

## LISTA ASISTENCIA

Motivo:

Sector (es) de Riego: Virquecuelo II.

Lugar: Escuela

Fecha: 17/01/06

Hora: 15<sup>00</sup>

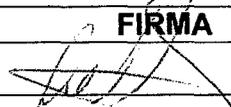
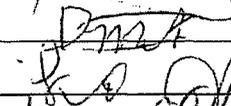
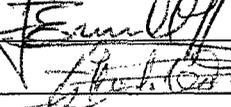
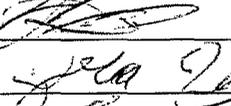
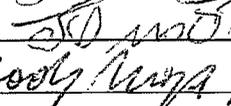
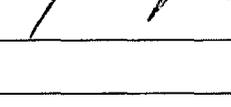
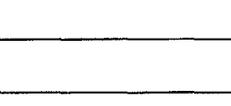
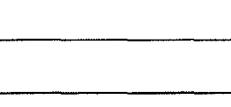
Monitores:

Hector Sanhueza  
 Carlos Saenz  
 Pablo Palacios  
 Virione Quomillo

|    | NOMBRE                           | FIRMA   |
|----|----------------------------------|---------|
| 1  | Juan Pablo Flores                | [Firma] |
| 2  | [Firma]                          | [Firma] |
| 3  | [Firma]                          |         |
| 4  | [Firma]                          |         |
| 5  | Julio Lopez                      |         |
| 6  | Olga Charola                     |         |
| 7  | Maryell Cid                      | [Firma] |
| 8  | Miguel A. L. Morales M.          | [Firma] |
| 9  | Juan Ramirez P. Quiroga          | [Firma] |
| 10 | Ciriaco Calvez C.                | [Firma] |
| 11 | [Firma]                          | [Firma] |
| 12 | ANDRES LOBOS Y. (OSCAR LLONA M.) | [Firma] |
| 13 | [Firma]                          |         |
| 14 | Juan Pablo Masera C.             | [Firma] |
| 15 | Guillermo Torres                 |         |
| 16 | Martha Cardenas                  |         |
| 17 | Miguel Angel Jimenez             | [Firma] |
| 18 |                                  |         |
| 19 |                                  |         |
| 20 |                                  |         |
| 21 |                                  |         |
| 22 |                                  |         |

El Peral. 16/1/2006.

• Roto Chileno  
• Sta. Laura.

|    | NOMBRE                         | FIRMA  |
|----|--------------------------------|--|
| 1  | JILVA VASQUEZ                  |    |
| 2  | Domingo Munilla                |    |
| 3  | Luis Alberto Gonzalez          |    |
| 4  | José Munilla                   |    |
| 5  | Fredrikuta Flores              |    |
| 6  | Juan Muñoz Melo                |    |
| 7  | Juan López                     |    |
| 8  | Agustín Andújar                |   |
| 9  | Pedro Rojas (Nady Matja Redel) |  |
| 10 |                                |  |
| 11 |                                |  |
| 12 |                                |  |
| 13 |                                |  |
| 14 |                                |  |
| 15 |                                |  |
| 16 |                                |  |
| 17 |                                |  |
| 18 |                                |  |
| 19 |                                |  |
| 20 |                                |  |
| 21 |                                |  |
| 22 |                                |  |
| 23 |                                |  |
| 24 |                                |  |
| 25 |                                |  |
| 26 |                                |  |
| 27 |                                |  |
| 28 |                                |  |
| 29 |                                |  |
| 30 |                                |  |

Pablo Palacios  
Héctor Sanhueza  
Carlos Sáez  
Viviana Jaramillo.

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Presentación Programa y Levantamiento Necesidades Instrumentos Subsidio

**Sector (es) de Riego:** Cora Santa Fé

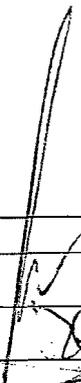
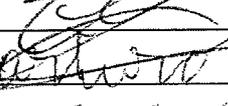
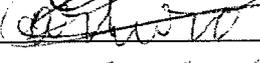
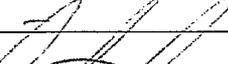
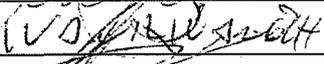
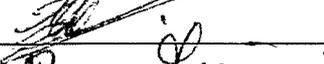
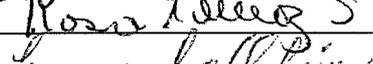
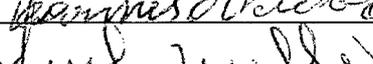
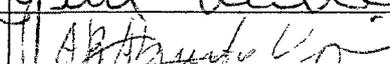
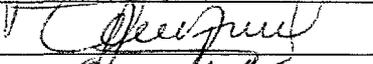
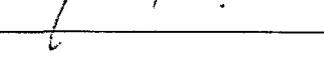
**Lugar:** Junta de Vecinos Santa Fé

**Fecha:** 31 Noviembre 2005, **Hora:** 15 hrs.

**Monitores:**

Viviana Jaramillo A.

Catherine Delaveau S.

|    | NOMBRE                    | FIRMA  |
|----|---------------------------|--|
| 1  | Joel Sanhueza Airda       |    |
| 2  | Ricardo Luna Diezelm      |    |
| 3  | Celindo Gonzalez          |    |
| 4  | Arturo Alejandro Sanhueza |    |
| 5  | Marcelina Siles Toledo    |    |
| 6  | Juan Bascuñán             |    |
| 7  | Iván Rivano               |   |
| 8  | Ezequiel Segura           |  |
| 9  | Rosa Leiva S              |  |
| 10 | Leonor Alicia             |  |
| 11 | Juvenal Mella S           |  |
| 12 | Rosa Ahumada V.           |  |
| 13 | SILVIA CEA REYES          |  |
| 14 | Cláudia Esperto. D.       |  |
| 15 |                           |  |
| 16 |                           |  |
| 17 |                           |  |
| 18 |                           |  |
| 19 |                           |  |
| 20 |                           |  |
| 21 |                           |  |
| 22 |                           |  |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Presentación Programa y Levantamiento Necesidades Instrumentos Subsidio

**Sector (es) de Riego:** Avellano El Huertón

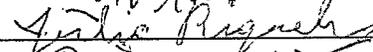
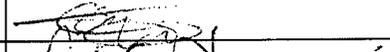
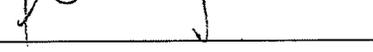
**Lugar:** Asoc. Canalistas

**Fecha:** 21 diciembre 2005, **Hora:** 15 hrs.

**Monitores:**

Viviana Jaramillo A.

Catherine Delaveau S.

|    | NOMBRE                         | FIRMA   |
|----|--------------------------------|---|
| 1  | ALBERTO MUÑOZ J                |  |
| 2  | Julio Riquelme                 |   |
| 3  | Rafael Padua                   |   |
| 4  | Rafael Espinoza                |   |
| 5  | Luis Morales / Clarisa Pacheco |   |
| 6  | Américo Muñoz                  |   |
| 7  |                                |   |
| 8  |                                |   |
| 9  |                                |   |
| 10 |                                |   |
| 11 |                                |   |
| 12 |                                |   |
| 13 |                                |   |
| 14 |                                |   |
| 15 |                                |   |
| 16 |                                |   |
| 17 |                                |   |
| 18 |                                |   |
| 19 |                                |   |
| 20 |                                |   |
| 21 |                                |   |
| 22 |                                |   |

LISTA ASISTENCIA

Motivo: Sector (es) de Riego: Puentes Medina

Lugar: Junta Vecinos Paliboro

Fecha: 4/1/2006 Hora: 16<sup>00</sup>

Monitores: Katherine Delaveau

Viviana Jaramillo

Presentación PTT - levantamiento Necesidades - Instrumentos Subsidi

|    | NOMBRE                           | FIRMA              |
|----|----------------------------------|--------------------|
| 1  | hna Benedicta Medina Torres      | <i>[Signature]</i> |
| 2  | hna Román Jaramila               | <i>[Signature]</i> |
| 3  | José + Viviana                   | <i>[Signature]</i> |
| 4  | David Ortiz                      | <i>[Signature]</i> |
| 5  | Juan del Carmen Cortez Rodríguez | <i>[Signature]</i> |
| 6  | Luz Anabalón B                   | <i>[Signature]</i> |
| 7  | Juan Zapirain Flores             | <i>[Signature]</i> |
| 8  | Patricia Ortiz                   | <i>[Signature]</i> |
| 9  | Marcelo Elvira Flores            | <i>[Signature]</i> |
| 10 | Edwin de los Angeles             | <i>[Signature]</i> |
| 11 | Aurora Lepe                      | <i>[Signature]</i> |
| 12 | Kenny José Acosta                | <i>[Signature]</i> |
| 13 | José Luis                        | <i>[Signature]</i> |
| 14 | Miguel Rentería Sandoval         | <i>[Signature]</i> |
| 15 | Carlos Rentería - U.             | <i>[Signature]</i> |
| 16 | Elvira Rentería                  | <i>[Signature]</i> |
| 17 | JOSE H FUENTES                   | <i>[Signature]</i> |
| 18 | Isaac Pérez S                    | <i>[Signature]</i> |
| 19 | Rocío Salazar                    | <i>[Signature]</i> |
| 20 | Juan Pío Pizarro S               | <i>[Signature]</i> |
| 21 | Silvia Pizarro                   | <i>[Signature]</i> |
| 22 | Elvira Rentería S.               | <i>[Signature]</i> |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Presentación Programa y Levantamiento Necesidades Instrumentos Subsidio

**Sector (es) de Riego:** Cerro Colorado – Pinilla Sanzana

**Lugar:** Club de Rodeo Cerro Colorado

**Fecha:** 22 diciembre 2005, **Hora:** 15 hrs.

**Monitores:**

Viviana Jaramillo A.

Catherine Delaveau S.

|    | NOMBRE         | FIRMA          |
|----|----------------|----------------|
| 1  | Juan Gutierrez | Juan Gutierrez |
| 2  | Juan Torada    | Juan Torada    |
| 3  | Paul Galan     | Paul Galan     |
| 4  |                |                |
| 5  |                |                |
| 6  |                |                |
| 7  |                |                |
| 8  |                |                |
| 9  |                |                |
| 10 |                |                |
| 11 |                |                |
| 12 |                |                |
| 13 |                |                |
| 14 |                |                |
| 15 |                |                |
| 16 |                |                |
| 17 |                |                |
| 18 |                |                |
| 19 |                |                |
| 20 |                |                |
| 21 |                |                |
| 22 |                |                |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Presentación Programa y Levantamiento Necesidades Instrumentos Subsidio

**Sector (es) de Riego:** Cerro Colorado – Pinilla Sanzana

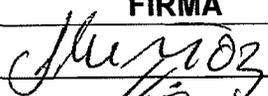
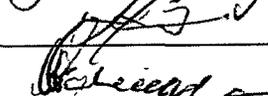
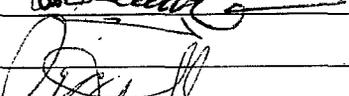
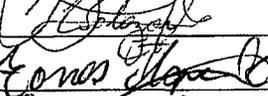
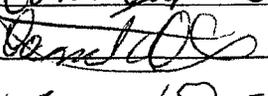
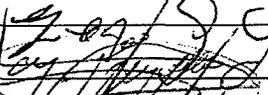
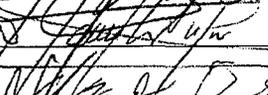
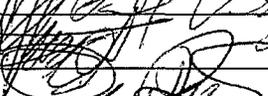
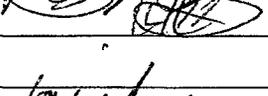
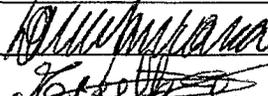
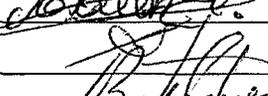
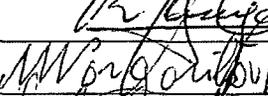
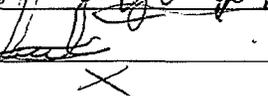
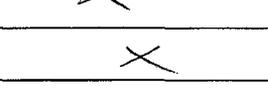
**Lugar:** Club de Rodeo Cerro Colorado

**Fecha:** 22 diciembre 2005, **Hora:** 15 hrs.

**Monitores:**

Viviana Jaramillo A.

Catherine Delaveau S.

|    | NOMBRE            | FIRMA  |
|----|-------------------|--|
| 1  | José Muñoz        |    |
| 2  | Simón Gallan      |    |
| 3  | Orvaldo Luna      |    |
| 4  | José Jara         |    |
| 5  | Inabel Alaraz     |   |
| 6  | Louren Aguilera   |  |
| 7  | Lauro Cartillo    |  |
| 8  | José Gutiérrez    |  |
| 9  | José Larmante     |  |
| 10 | Armando Paraguaná |  |
| 11 | José Ortiz        |  |
| 12 | José Otavola      |  |
| 13 | Rubén del Marín   |  |
| 14 | Juan de Dios Páez |  |
| 15 | David Paraguaná   |  |
| 16 | Marta Escobar     |  |
| 17 | Carlos Burgos     |  |
| 18 | Rene Luengo       |  |
| 19 | Margarita Flores  |  |
| 20 | Luisa Loren       |  |
| 21 | Carren Muñoz      | X  |
| 22 | Marianela Páez    | X  |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Presentación Programa y Levantamiento Necesidades - Instrumentos Subsidio

**Sector (es) de Riego:** Virquenco

**Lugar:** Escuela de Virquenco

**Fecha:** 28 diciembre 2005, **Hora:** 15 hrs.

**Monitores:**

Viviana Jaramillo A.

Catherine Delaveau S.

|    | NOMBRE                           | FIRMA                          |
|----|----------------------------------|--------------------------------|
| 1  | Domingo Bernichea (Julio Pineda) | Domingo Bernichea              |
| 2  | Julio Lea                        | Julio Lea                      |
| 3  | Gonzalo Cardenas                 | Gonzalo Cardenas               |
| 4  | Enc. Landia Jara                 | Landia Jara                    |
| 5  | Octavio Sr. Martin               | Octavio Sr. Martin             |
| 6  | Hugo Romero.                     | Hugo Romero                    |
| 7  | Pablo Sesto L. M. 114 Cel. 11.   | Pablo Sesto L. M. 114 Cel. 11. |
| 8  | Juan P. marin epsto              | Juan P. marin epsto            |
| 9  | Norman Juvenal Garcia            | Norman Juvenal Garcia          |
| 10 | Buizils Gil G.                   | Buizils Gil G.                 |
| 11 | Carmelo Loyola                   | Carmelo Loyola                 |
| 12 | Francisco Exolor Tony            | Francisco Exolor Tony          |
| 13 |                                  |                                |
| 14 |                                  |                                |
| 15 |                                  |                                |
| 16 |                                  |                                |
| 17 |                                  |                                |
| 18 |                                  |                                |
| 19 |                                  |                                |
| 20 |                                  |                                |
| 21 |                                  |                                |
| 22 |                                  |                                |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Presentación Programa y Levantamiento Necesidades- Instrumentos Subsidio

**Sector (es) de Riego:** Roto Chileno – Santa Laura

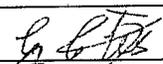
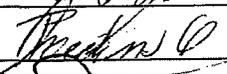
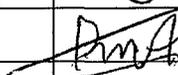
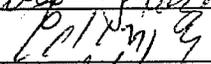
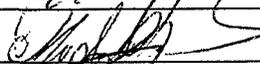
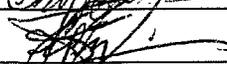
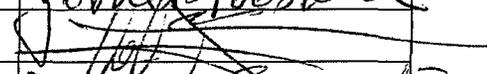
**Lugar:** Junta de Vecinos El Peral

**Fecha:** 30 Noviembre 2005, **Hora:** 15 hrs.

**Monitores:** Alberto Catalán D.

Viviana Jaramillo A.

Catherine Delaveau S.

|    | NOMBRE                      | FIRMA  |
|----|-----------------------------|--|
| 1  | Raquel Soes (joven)         |  |
| 2  | Clara Cipriotti             |    |
| 3  | Juan Medina                 |    |
| 4  | Domugo Muñilla (florista)   |    |
| 5  | Pedro Moza                  |    |
| 6  | Rosa Godoy (señora)         | Rosa Godoy   |
| 7  | Julia Plazo                 | Julia Plazo  |
| 8  | Eduardo Castillo            |  |
| 9  | Manuel Outrecher            |  |
| 10 | Bericio Espinoza            |  |
| 11 | José Ramírez                | José Ramírez   |
| 12 | Gabriel Postene             | Gabriel Postene  |
| 13 | Milva Vasquez               |  |
| 14 | Nequindo Analtales Costillo |  |
| 15 | Juan Alberto Muñoz M.       |  |
| 16 | Maria Cruzada               | Maria Cruzada  |
| 17 | Gabriel Carmona             |  |
| 18 | Adonis Pinar                |  |
| 19 |                             |  |
| 20 |                             |  |
| 21 |                             |  |
| 22 |                             |  |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Presentación Programa y Levantamiento Necesidades - Instrumentos Subsidio

**Sector (es) de Riego:** Virtud Campesina – San Miguel

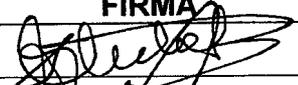
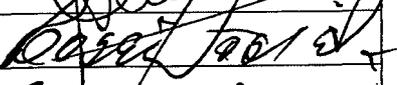
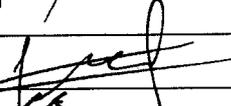
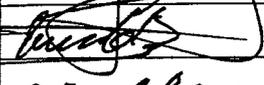
**Lugar:** Asoc. Canalistas

**Fecha:** 29 diciembre 2005, **Hora:** 15 hrs.

**Monitores:**

Viviana Jaramillo A.

Catherine Delaveau S.

|    | NOMBRE              | FIRMA   |
|----|---------------------|---|
| 1  | Guillermo Aguilar R |  |
| 2  | José Robles G.      |   |
| 3  | José María Riquelme |   |
| 4  | José Santiago S.    |  |
| 5  | Ricardo Karter O    |   |
| 6  | Guillermo P. P.     |   |
| 7  |                     |   |
| 8  |                     |   |
| 9  |                     |   |
| 10 |                     |   |
| 11 |                     |   |
| 12 |                     |   |
| 13 |                     |   |
| 14 |                     |   |
| 15 |                     |   |
| 16 |                     |   |
| 17 |                     |   |
| 18 |                     |   |
| 19 |                     |   |
| 20 |                     |   |
| 21 |                     |   |
| 22 |                     |   |

LISTA ASISTENCIA

Motivo: Sector (es) de Riego: La Victoria - Nuevo Amanecer .

Lugar: Victoria La Pandelaria

Fecha: 12/1/2006 Hora:

Monitores: Catherine Delaveau - Viviana Jaramillo

Presentación Programa - levantamiento necesidades  
Subsidios .

|    | NOMBRE                   | FIRMA                    |
|----|--------------------------|--------------------------|
| 1  | Raquel Olivares Vivero   | Raquel Olivares          |
| 2  | José Pava                |                          |
| 3  | Laura González           |                          |
| 4  | Edmundo Buedes           |                          |
| 5  | Bernardo Becerra         | Bernardo Becerra         |
| 6  | José Vlasa               | José Vlasa               |
| 7  | Miguel Ruiz              |                          |
| 8  | Margarita Garrido        | Margarita Garrido        |
| 9  | Luis Valdelemto Orellana | Luis Valdelemto Orellana |
| 10 | Gerardo Amigada Toledo   | Gerardo Amigada Toledo   |
| 11 | Salomon Diaz             |                          |
| 12 | Luis Villanueva          |                          |
| 13 | Manuel Olavola           |                          |
| 14 | Juan Jony                |                          |
| 15 | Juan José Rivera         | Juan José Rivera         |
| 16 | José Amado               | José Amado               |
| 17 | Juan Figueras            | Juan Figueras            |
| 18 | MOISES BRATE SARA        |                          |
| 19 | Alicia Cuervo            |                          |
| 20 | José Reyes               |                          |
| 21 | Paulo Biron Sepulveda    |                          |
| 22 | Manuel González          |                          |

LISTA ASISTENCIA

Motivo: Sector (es) de Riego: *La Victoria - Nuevo Amanecer .*

Lugar: *Victoria de la fundación*

Fecha: *12/1/2006* Hora:

Monitores: *Viviana Jaramillo*  
*Catherine Delaveau .*

*Presentación programa - levantamiento necesidades - Subsidio*

|    | NOMBRE                  | FIRMA                 |
|----|-------------------------|-----------------------|
| 1  | <i>José Otavalo</i>     | <i>J. Otavalo</i>     |
| 2  | <i>Jorge Figueroa</i>   | <i>Jorge Figueroa</i> |
| 3  | <i>Abel Quijanda I.</i> | <i>Abel Quijanda</i>  |
| 4  | <i>Sergio Busta</i>     | <i>Sergio Busta</i>   |
| 5  | <i>Omar Lizana</i>      | <i>Omar Lizana</i>    |
| 6  | <i>Ruth Valdebenito</i> | <i>Ruth V.</i>        |
| 7  |                         |                       |
| 8  |                         |                       |
| 9  |                         |                       |
| 10 |                         |                       |
| 11 |                         |                       |
| 12 |                         |                       |
| 13 |                         |                       |
| 14 |                         |                       |
| 15 |                         |                       |
| 16 |                         |                       |
| 17 |                         |                       |
| 18 |                         |                       |
| 19 |                         |                       |
| 20 |                         |                       |
| 21 |                         |                       |
| 22 |                         |                       |

**LISTA ASISTENCIA**

Motivo: Sector (es) de Riego: *San Gerardo.*  
 Lugar: *Club Rodeo Cero Colorado.*

Fecha: *11/1/2006* Hora:

Monitores: *Catherine Deloveau*  
*Viviana Jaramillo*

*Reunión de Montajes - Presentación PTT - Instrumentos*

|    | NOMBRE                          | FIRMA              |                   |
|----|---------------------------------|--------------------|-------------------|
| 1  | <i>ALFREDO SCHOLZ BRUNDT</i>    | <i>[Signature]</i> | <i>98795117</i>   |
| 2  | <i>JORGE PEREZ (Comendante)</i> | <i>[Signature]</i> | <i>89807873</i>   |
| 3  | <i>Walterio Ramirez Bressel</i> | <i>[Signature]</i> | <i>043-182194</i> |
| 4  | <i>Rafael Ramirez Perez</i>     | <i>[Signature]</i> |                   |
| 5  | <i>José Eugenio Saiz</i>        | <i>[Signature]</i> |                   |
| 6  | <i>Walter Lera</i>              | <i>[Signature]</i> | <i>9403836</i>    |
| 7  | <i>Rene Cruz</i>                | <i>[Signature]</i> | <i>98477652</i>   |
| 8  | <i>José Muñoz</i>               | <i>[Signature]</i> | <i>24892345</i>   |
| 9  |                                 |                    |                   |
| 10 |                                 |                    |                   |
| 11 |                                 |                    |                   |
| 12 |                                 |                    |                   |
| 13 |                                 |                    |                   |
| 14 |                                 |                    |                   |
| 15 |                                 |                    |                   |
| 16 |                                 |                    |                   |
| 17 |                                 |                    |                   |
| 18 |                                 |                    |                   |
| 19 |                                 |                    |                   |
| 20 |                                 |                    |                   |
| 21 |                                 |                    |                   |
| 22 |                                 |                    |                   |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo: Sector (es) de Riego:** Lomas Duqueco.

**Lugar:** Asociación Ganaderos

**Fecha:** 3 enero 2006 **Hora:** 15<sup>00</sup>

**Monitores:** Viviana Jacomello  
Katherine Delaveau

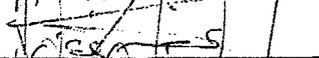
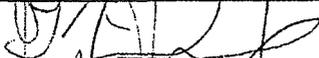
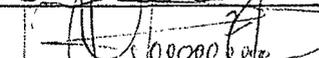
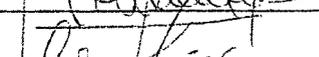
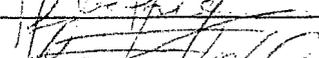
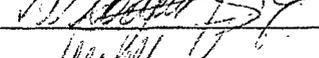
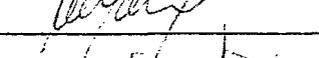
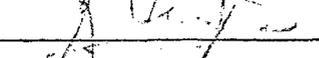
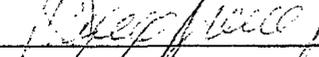
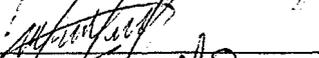
Presentación PTT - levantamiento Necesidades Instrumentos Sub

|    | NOMBRE             | FIRMA              |
|----|--------------------|--------------------|
| 1  | Javier Perca       | <del>[Firma]</del> |
| 2  | Raimundo Masin     | <del>[Firma]</del> |
| 3  | Silvia Diaz        | [Firma]            |
| 4  | Elias Muñoz Garcia | [Firma]            |
| 5  | Marco Fernández    | [Firma]            |
| 6  |                    |                    |
| 7  |                    |                    |
| 8  |                    |                    |
| 9  |                    |                    |
| 10 |                    |                    |
| 11 |                    |                    |
| 12 |                    |                    |
| 13 |                    |                    |
| 14 |                    |                    |
| 15 |                    |                    |
| 16 |                    |                    |
| 17 |                    |                    |
| 18 |                    |                    |
| 19 |                    |                    |
| 20 |                    |                    |
| 21 |                    |                    |
| 22 |                    |                    |

## REGISTRO DE ASISTENCIA

### Sensibilización Asociación Canalistas del Laja

Fecha: 27 de septiembre 2006

| Nombre                     | Teléfono            | Firma   |
|----------------------------|---------------------|---|
| Diego H. Espinoza Vasquez  | 652.1250            |    |
| José Miguel Manzanera Páez | 82162176            |    |
| ROSA LILIA UARFA           | 96201828            |    |
| AMUEL POMPÓS               | 88868411            |    |
| Idriam Abel Peralta        | 85129998            |    |
| Luis Castillo Galaz        | 320646              |    |
| Doctor Amalia Gutiérrez    | 85225369            |    |
| Martín Sepulveda           | <del>92112111</del> |   |
| Jose Quintanilla           | 92168267            |  |
| MANUEL ALVARO PERALTA      | 84665420            |  |
| Luz ROSA MORALES           | 86747537            |  |
| Luis S. Soto Fernández     | 91879204            |  |
|                            |                     |  |
|                            |                     |  |



## LISTA DE ASISTENCIA 2 sesión Asociación Canalistas del Laja

### LABORAL

Fecha: 4 de octubre de 2006

Lugar: Asoc. Canalistas del Laja

| Nº | Nombre                    | Teléfono          | Firma |
|----|---------------------------|-------------------|-------|
| 1  | Manuel Figueroa Rocha     | 349744            |       |
| 2  | Victor Anahí Gutiérrez    | 85225369          |       |
| 3  | Manuel Campos             | 88868411          |       |
| 4  | Manuel Oviero P.          | 846 63 420        |       |
| 5  | José Miguel Moncayo Zampa | 82162126          |       |
| 6  | Ramiro Castillo G.        |                   |       |
| 7  | Alex. Bros. B.            | <del>881677</del> |       |
| 8  | Walter Sepúlveda          | 320646            |       |
| 9  | Ricardo Espinoza          | 9.6521250         |       |
| 10 | José Campos P.            | 7.923551-2        |       |

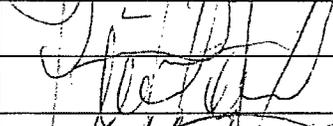
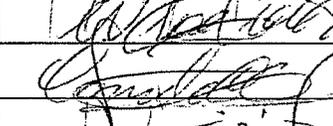
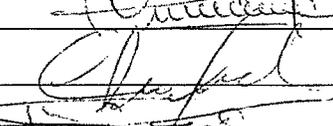
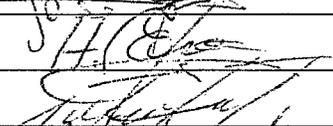
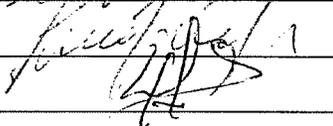
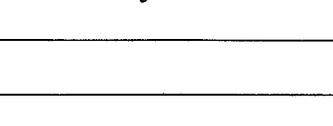
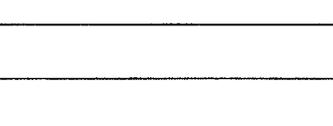
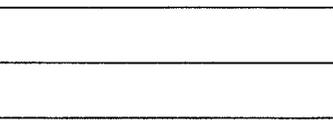
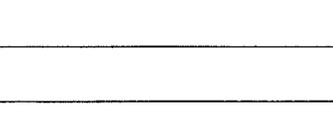
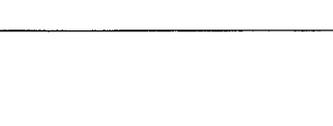
**LISTA ASISTENCIA**

Motivo: Asistencia Censales  
 Sector (es) de Riego:  
 Lugar: ACL  
 Fecha: 11 octubre 06 Hora: 15:00  
 Monitores: Jorb Zuñiga  
 Vivian Jimeno

|    | NOMBRE                    | FIRMA       |
|----|---------------------------|-------------|
| 1  | Jose Cumbre Tana          | [Signature] |
| 2  | Manuel Figueroa           | [Signature] |
| 3  | Manuel Campos P.          | [Signature] |
| 4  | Manuel Ovarol P.          | [Signature] |
| 5  | Victor Arata Gubierrez    | [Signature] |
| 6  | Jose Miguel Morales Pardo | [Signature] |
| 7  | Bernardo Castillo G.      | [Signature] |
| 8  | Alex Mos V.               | [Signature] |
| 9  | Walter Gubierrez          | [Signature] |
| 10 | Ringo H. Espinoza         | [Signature] |
| 11 |                           |             |
| 12 |                           |             |
| 13 |                           |             |
| 14 |                           |             |
| 15 |                           |             |
| 16 |                           |             |
| 17 |                           |             |
| 18 |                           |             |
| 19 |                           |             |
| 20 |                           |             |
| 21 |                           |             |
| 22 |                           |             |

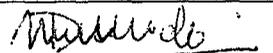
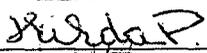
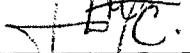
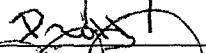
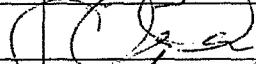
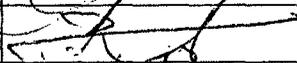
LISTA ASISTENCIA

Motivo: Capacitación Celadores (Tractores, Protectores)  
 Sector (es) de Riego:  
 Lugar: Asociación  
 Fecha: 10/09/06 Hora: 15<sup>00</sup>  
 Monitores: Carla Zuñiga (Previene)  
 Vinca Jaramillo

|    | NOMBRE                    | FIRMA  |
|----|---------------------------|--|
| 1  | José Comulón              |    |
| 2  | Miguel Leiva              |    |
| 3  | Victor Armatia            |    |
| 4  | Alexis Cepeda             |   |
| 5  | Camilo Cepeda             |  |
| 6  | Manuel Romo P.            |  |
| 7  | Adrián Abiel Bernal       |  |
| 8  | Los Miguel Moreno de Soto |  |
| 9  | Fleco Espinoza            |  |
| 10 | ACE SPOS ALVARO           |  |
| 11 | Manuel Ordoñez            |  |
| 12 | Manuel S. Soto Fernández  |  |
| 13 |                           |  |
| 14 |                           |  |
| 15 |                           |  |
| 16 |                           |  |
| 17 |                           |  |
| 18 |                           |  |
| 19 |                           |  |
| 20 |                           |  |
| 21 |                           |  |
| 22 |                           |  |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** taller sobre organización  
**Sector (es) de Riego:** la Capilla  
**Lugar:** escuela la Capilla  
**Fecha:** 31 Octubre 2008 **Hora:** 15<sup>00</sup> hrs  
**Monitores:** Verónica Armijo  
 Catherine Debuono

|    | NOMBRE                 | FIRMA  |
|----|------------------------|--|
| 1  | Marcela Delgado        |   |
| 2  | Hilda del Carmen Padua |   |
| 3  | Jose Luis Morales C.   |    |
| 4  | Próspero Armijo        |    |
| 5  | Rosa Diaz A.           |    |
| 6  | Magaly Torres E.       |    |
| 7  | Juanita Juarez f.      |  |
| 8  |                        |  |
| 9  |                        |  |
| 10 |                        |  |
| 11 |                        |  |
| 12 |                        |  |
| 13 |                        |  |
| 14 |                        |  |
| 15 |                        |  |
| 16 |                        |  |
| 17 |                        |  |
| 18 |                        |  |
| 19 |                        |  |
| 20 |                        |  |
| 21 |                        |  |
| 22 |                        |  |

## LISTA ASISTENCIA

Motivo: Organización Grupo Agricultores El Peral

Sector (es) de Riego:

Lugar: San Luis Giras Sector Norte y Sur

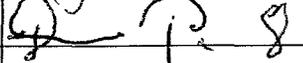
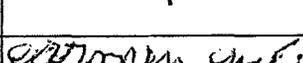
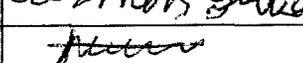
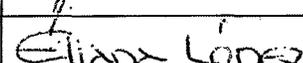
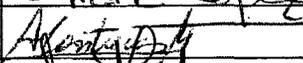
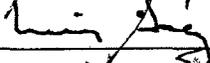
Fecha: 22.06.06 Hora: 16<sup>00</sup> Hrs.

Monitores: Patricia Sáenz D.  
Enrique Zapata  
Patricia Delacruz  
Yvonne Jaramillo

|    | NOMBRE                       | FIRMA           |
|----|------------------------------|-----------------|
| 1  | MIGUEL LOPEZ (SEÑOR P)       | NO FIRMADO      |
| 2  | LUSHILO DINAMENDO            | Ruzmela D       |
| 3  | IDAD. NABOVON (Luis NABOVON) | NO FIRMADO      |
| 4  | JULIA PLAZA                  | Julia Plaza D   |
| 5  | DOMINGO HERNANDEZ            | Domingo         |
| 6  | MANA TAMPEÑO                 | Manuela Tampeño |
| 7  | JOSE PROSSIE                 | Jose Prossie    |
| 8  |                              |                 |
| 9  |                              |                 |
| 10 |                              |                 |
| 11 |                              |                 |
| 12 |                              |                 |
| 13 |                              |                 |
| 14 |                              |                 |
| 15 |                              |                 |
| 16 |                              |                 |
| 17 |                              |                 |
| 18 |                              |                 |
| 19 |                              |                 |
| 20 |                              |                 |
| 21 |                              |                 |
| 22 |                              |                 |

### LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** taller sobre organización  
**Sector (es) de Riego:** San Fernando  
**Lugar:** club de fútbol  
**Fecha:** 27 Agosto Hora: 15:00  
**Monitores:** Virisus Jimilla

|    | NOMBRE   | FIRMA  |
|----|--|--|
| 1  | Celia hernandez hernandez  |    |
| 2  | José Leonardo Penilla D.   |    |
| 3  | Karmen Gutierrez H.  |    |
| 4  | Flora Sepúlveda Pérez  |    |
| 5  | Maria Luvar  |   |
| 6  | Eliana López   |  |
| 7  | Antonio Gutierrez Jimilla  |  |
| 8  |             |  |
| 9  | Francisco Medina   |  |
| 10 |  |  |
| 11 |  |  |
| 12 |  |  |
| 13 |  |  |
| 14 |  |  |
| 15 |  |  |
| 16 |  |  |
| 17 |  |  |
| 18 |  |  |
| 19 |  |  |
| 20 |  |  |
| 21 |  |  |
| 22 |  |  |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** taller sobre organización  
**Sector (es) de Riego:** San Is Fe  
**Lugar:** Delegación Municipal  
**Fecha:** 13 Agosto **Hora:** 15<sup>00</sup>  
**Monitores:** Vivian Jimeno  
 Carmen de Debuco

|    | NOMBRE              | FIRMA          |
|----|---------------------|----------------|
| 1  | Rogel Peralta       | R. Peralta     |
| 2  | Blanca Monte        | Blanca Monte   |
| 3  | Margarita Encobar   | M. Encobar     |
| 4  | Milvia Lea          | Milvia Lea     |
| 5  | Sandra Morales      | Sandra Morales |
| 6  | José Justino Bustos | José Bustos    |
| 7  | Carmelo Cid.        | C.C.           |
| 8  |                     |                |
| 9  |                     |                |
| 10 |                     |                |
| 11 |                     |                |
| 12 |                     |                |
| 13 |                     |                |
| 14 |                     |                |
| 15 |                     |                |
| 16 |                     |                |
| 17 |                     |                |
| 18 |                     |                |
| 19 |                     |                |
| 20 |                     |                |
| 21 |                     |                |
| 22 |                     |                |

***“Programa de Transferencia de Conocimientos y Habilidades para el Manejo y Desarrollo de Cuencas Hidrográficas, Canal Laja.”***

**Curso Balance Hídrico y Métodos de Riego, dictado por Sr. Guillermo Quiroga, 14 Diciembre 2005; organizado Municipalidad de Los Ángeles.**

| <b>Usuario de Agua</b>    | <b>Sector de Riego</b> |
|---------------------------|------------------------|
| 1. Benedicto Sepúlveda    | Virquenco              |
| 2. Julio Riquelme         | El Huertón             |
| 3. Segundo Contreras      | El Huertón             |
| 4. Ramón Valdebenito      | El Huertón             |
| 5. Andrés Martínez (Suc.) | El Huertón             |
| 6. Orlando Lagos          | El Huertón             |
| 7. Saturno Medina         | Virtud Campesina       |
| 8. Sergio Canales         | Virtud Campesina       |
| 9. José Robles            | Virtud Campesina       |
| 10. José Castillo         | La Victoria            |
| 11. Felipe Jara           | Tucumán                |
| 12. Nicolás Malvoa        | Tucumán                |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Gira Productiva

**Lugar:** Florasem Ltda.

**Fecha:** 23 marzo de 2006

|    | NOMBRE              | SECTOR DE RIEGO | FIRMA                |
|----|---------------------|-----------------|----------------------|
| 1  | Carmen González     | Cautamana.      | <i>Carmen G.</i>     |
| 2  | Custino Martínez C. | El Huerto       | <i>Custino M.</i>    |
| 3  | JOSÉ ROBLES F.      | P. GALLINA      | <i>José R.</i>       |
| 4  | Fresia Baez C.      | P. Gallina      | <i>Fresia B.</i>     |
| 5  | Concepción R.       | P. Gallina      | <i>Concepción R.</i> |
| 6  | Rosalba Puentes A.  | Cortos Colorado | <i>Rosalba P.</i>    |
| 7  | Erwin Lara          | Pedregal        | <i>Erwin L.</i>      |
| 8  | VICTOR VEGA F       | EL PERAL        | <i>Victor V.</i>     |
| 9  | Guillermo Ros P.    | El Avello       | <i>Guillermo R.</i>  |
| 10 | DABSY MARTINEZ C    | EL HUERTO       | <i>Dabsey M.</i>     |
| 11 | Lucia Ramirez T     |                 | <i>Lucia R.</i>      |
| 12 |                     |                 |                      |

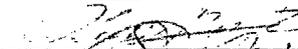
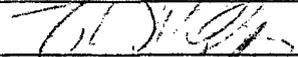
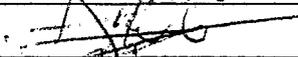
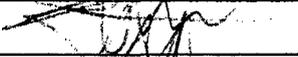
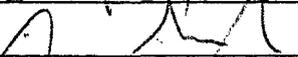
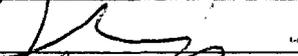
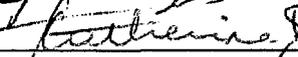
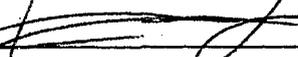
ASISTENCIA A SEMINARIO  
 VISIÓN A MEDIANO Y LARGO PLAZO DEL MERCADO AGROCUARIO EN LA COMUNA DE LOS ANGELES,  
 LOS ANGELES 20 JUNIO 2006

| NOMBRE               | DIRECCIÓN  | FIRMA |
|----------------------|--|-------|
| Ana Sandoval         | P.21 <del>Andaluz</del> verde <sup>San Antonio</sup> |       |
| Jorge Alberca        | Pedregal Calibano                                    |       |
| Adon Pruntes         | Pedregal   |       |
| Cristina Martinez    | El Huerto  |       |
| Daisy Martinez       | El Huerto  |       |
| Benedicto Sepulveda  | P.35 Viñencia  |       |
| Patricia Sepulveda   | " "  |       |
| Juan Otárola         | Cerro Colorado                                       |       |
| Alfonso Mann         | Caril 27-D   |       |
| Juan Acuña           | Cerro Colorado                                       |       |
| Simón Galaz          | Cerro Colorado                                       |       |
| Juan Valdivia        | ACBRN  |       |
| Juan Cipriano        | Parcela 20 Los Olivales Huerto                       |       |
| José Roberto Avelino | Cerro Colorado                                       |       |
| Karel Kaban          | <del>Cerro Colorado</del> Parcela 20 Huerto          |       |
| Roberto Espinoza     | El Huerto  |       |
| Guillermo Jara       | Pedregal   |       |
| Stacy Mayo           | Sta. Laura   |       |
| Luisa Redel          | El Peral   |       |
| Amorosa Peña         | Kortandad  |       |

ASISTENCIA A SEMINARIO  
 VISIÓN A MEDIANO Y LARGO PLAZO DEL MERCADO AGROCUARIO EN LA COMUNA DE LOS ANGELES,  
 LOS ANGELES 20 JUNIO 2006

| NOMBRE                     | DIRECCIÓN                        | FIRMA |
|----------------------------|----------------------------------|-------|
| Andrés Amigada             | Asoc. Canalistas BBN             |       |
| Ana María Morales          | Ota. Rosario, Sector Patagallina |       |
| Angelina Sarmiento Córdoba | Sitio 7, Poverin Sta. Fe'        |       |
| Pablo Rojas Venegas        | Sitio 7, Poverin Sta. Fe'        |       |
| Petrucci Viquecort S.      | Los Laureles 0320 C. d           |       |
| Edu De la Cruz             | N. REFUGIA 160                   |       |
| Segundo Salazar Seguel     | Km 12. com. Antuco               |       |
| Victor Vega Fernández      | El Peral                         |       |
| Hugo Romero Ojeda          | P. 40, Virgenaco                 |       |
| Julio Riquelme             | P. 21 Huaitan                    |       |
| Rosalba Puentes            | Pedregal Colihano                |       |
| Ramelo Loyola              | P. 27 Virgenaco                  |       |
| Brigido Cid                | P. 58 Virgenaco                  |       |
| Jose Roldán E.             | Vituel Compejino. P. 4           |       |
| Gilberto Sánchez           | Av. Almonia 245, LA              |       |
| Franca Boag                | Almaco 1656, LA                  |       |
| Juan Morales               | P. 6 El Avellano                 |       |
| Raúl Correa                | Av. Almonia 160, LA              |       |
| Andrés Lobos               | Parcela 55 Virgenaco             |       |
| Eloy Carrasco              | Asoc. Regantes Diguaco           |       |

ASISTENCIA A SEMINARIO  
 VISIÓN A MEDIANO Y LARGO PLAZO DEL MERCADO AGROCUARIO EN LA COMUNA DE LOS ANGELES,  
 LOS ANGELES 20 JUNIO 2006

| NOMBRE                  | DIRECCIÓN                | FIRMA   |
|-------------------------|--------------------------|---|
| Comisión La Laguna      | V. Alemania 1217         |  |
| Ricardo Sánchez Navarro | Dulce Soriano 358 Noque  |  |
| Jose Melo               | El Guano, Jctar Guano    |  |
| Jose Andrade Chondia    | Ar. Vie Mecana 269, LA.  |  |
| Eduardo Mendez P.       | Ar. Alemania 245, LA.    |  |
| Alberto Catalán D.      | AV. ALEMANIA 211 L.A.    |  |
| Patricia San Delgado.   | Ar. Alemania 247 LA      |  |
| Jessica González        | V. Sto Tomás Los Angeles |  |
| Catherine Delaveau S.   | Ar. Alemania 245. LA     |  |
| Viviana Jaramilla       | Ar. Alemania 245. LA     |  |
|                         |                          |   |
|                         |                          |   |
|                         |                          |   |
|                         |                          |   |
|                         |                          |   |
|                         |                          |   |
|                         |                          |   |
|                         |                          |   |
|                         |                          |   |
|                         |                          |   |
|                         |                          |   |

**LISTA ASISTENCIA**

Motivo: *Abandono Duxell's*

Sector (es) de Riego:

Lugar: *Asoc. C.L.*

Fecha: *26 julio 2006* Hora: *15:00*

Monitores: *Mauro Panano, Ing. Agrónomo Duxell's*

|    | NOMBRE                  | FIRMA              |
|----|-------------------------|--------------------|
| 1  | VICTOR H. VEGA F.       | <i>[Signature]</i> |
| 2  | Fresia Baez C.          | <i>[Signature]</i> |
| 3  | Anahorio Morales Lara   | <i>[Signature]</i> |
| 4  | Guillermo Muñoz Morales | <i>[Signature]</i> |
| 5  | Petucio Espinoza B      | <i>[Signature]</i> |
| 6  | SAVINO LARA             | <i>[Signature]</i> |
| 7  | Guillermo Aguilar R     | <i>[Signature]</i> |
| 8  | Jose Robles Elgueta     | <i>[Signature]</i> |
| 9  | Reynaldo Rojas          | <i>[Signature]</i> |
| 10 |                         |                    |
| 11 |                         |                    |
| 12 |                         |                    |
| 13 |                         |                    |
| 14 |                         |                    |
| 15 |                         |                    |
| 16 |                         |                    |
| 17 |                         |                    |
| 18 |                         |                    |
| 19 |                         |                    |
| 20 |                         |                    |
| 21 |                         |                    |
| 22 |                         |                    |

### LISTA ASISTENCIA

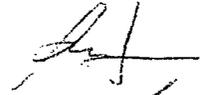
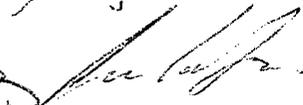
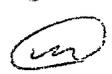
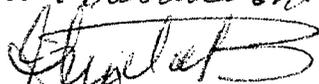
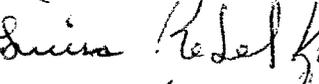
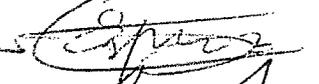
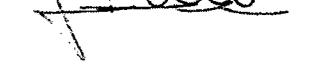
**Motivo:** Charla Poda  
**Sector (es) de Riego:** El Perul - Sitia San Juan  
**Lugar:** Sta Vecinas  
**Fecha:** 7/2/2006 **Hora:**  
**Monitores:** Catherine Delaveau  
 Viviana Jaramillo

|    | NOMBRE              | FIRMA                          |
|----|---------------------|--------------------------------|
| 1  | Domingo Munilla     | <i>[Signature]</i>             |
| 2  | Luzmila Dinamarca   | Luzmila <i>[Signature]</i>     |
| 3  | Julia Plaza         | Julia Plaza <i>[Signature]</i> |
| 4  | Luis Ramirez        | <i>[Signature]</i>             |
| 5  | José Hermosilla     | <i>[Signature]</i>             |
| 6  | Segundo Anabalón A. | Segundo A <i>[Signature]</i>   |
| 7  | María Ruiz          | María Ruiz <i>[Signature]</i>  |
| 8  | Manuel Contreras    | <i>[Signature]</i>             |
| 9  | Manuel Ortiz        | <i>[Signature]</i>             |
| 10 | Pedro Muñoz         | P.M.                           |
| 11 |                     |                                |
| 12 |                     |                                |
| 13 |                     |                                |
| 14 |                     |                                |
| 15 |                     |                                |
| 16 |                     |                                |
| 17 |                     |                                |
| 18 |                     |                                |
| 19 |                     |                                |
| 20 |                     |                                |
| 21 |                     |                                |
| 22 |                     |                                |

Charla Invernadero

29 agosto 2006.



1. - Rosario Jora 
2. - Gustavo Muñoz 
3. - Ana María Morales 
4. - Rosalba Recentes H. - Rosalba Recentes H. 
5. - Emma Aguilar K. 
6. - José Pobles. 
7. - Luisa Redel. Luisa Redel Kopp. 
8. - Sady. Moya. sady moya 
9. - Gabriela Jara. 
10. - Víctor Vega. 
11. - Patricia Espinoza 
12. - María Angélica Torres 
13. - Sabemino Larrea 
14. - Juana Melamed 

LISTA ASISTENCIA

Motivo: Capacitación Metodos Riego y Ley 18.450.  
 Sector (es) de Riego:  
 Lugar: ACL.  
 Fecha: 31/8/2006. Hora:  
 Monitores:

|    | NOMBRE              | FIRMA              |
|----|---------------------|--------------------|
| 1  | Luisa Redel Kopp    | Luisa Redel Kopp   |
| 2  | Sady Moya Redel     | Sady Moya          |
| 3  | Gemma Aguilar R     | <del>Stueff</del>  |
| 4  | Jose Robles Elgueta | J.R.               |
| 5  | Gervina Jara        | <del>Gervina</del> |
| 6  | Aug. Samuel Valdez  | Samuel             |
| 7  | Andres Anibal       | <del>Andres</del>  |
| 8  | Ana Maria Morales   | Ana Maria          |
| 9  | Juan Mauro          | Juan               |
| 10 | Pedro Figueroa      | <del>Pedro</del>   |
| 11 | Margarita Flores    | M.F.               |
| 12 | Israel Sausa        | <del>Israel</del>  |
| 13 |                     |                    |
| 14 |                     |                    |
| 15 |                     |                    |
| 16 |                     |                    |
| 17 |                     |                    |
| 18 |                     |                    |
| 19 |                     |                    |
| 20 |                     |                    |
| 21 |                     |                    |
| 22 |                     |                    |

LISTA ASISTENCIA

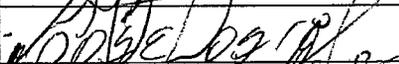
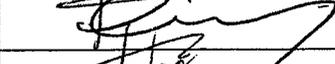
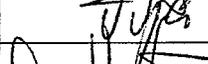
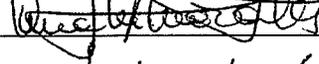
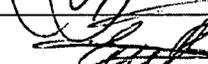
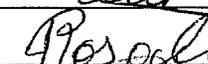
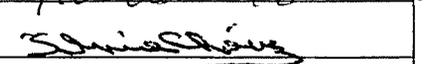
Motivo: Chonla Riego: Mitadas Riego (2)

Sector (es) de Riego:

Lugar: ACL

Fecha: 7.9.2006. Hora: 10<sup>00</sup>

Monitores: Pilar Vergara  
 Catherine Delaveau S.

|    | NOMBRE                  | FIRMA  |
|----|-------------------------|--|
| 1  | Emma Aguilar Rojas      |    |
| 2  | José E. Robles E.       |    |
| 3  | Fresia Baez C.          |    |
| 4  | Cristina Martinez       |    |
| 5  | Victor Vega.            |    |
| 6  | Ana maria morales       |   |
| 7  | Juise Pedel             |  |
| 8  | Sady Moya Pedel         |  |
| 9  | Yolanda Lopez Salazar   |  |
| 10 | Edilio Renteria Ravelau |  |
| 11 | Rosalba Pulceter VA     |  |
| 12 | Sonia Alvarez C.        |  |
| 13 | Oriel Jara Z.           |  |
| 14 |                         |  |
| 15 |                         |  |
| 16 |                         |  |
| 17 |                         |  |
| 18 |                         |  |
| 19 |                         |  |
| 20 |                         |  |
| 21 |                         |  |
| 22 |                         |  |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Charla Flores de Coste  
**Sector (es) de Riego:**  
**Lugar:** ACL  
**Fecha:** 14-9-2006 **Hora:** 10:00  
**Monitores:** Katherine Delaveau S.

|    | NOMBRE             | FIRMA              |
|----|--------------------|--------------------|
| 1  | Ignacio Aguilar R. | <i>[Signature]</i> |
| 2  | José Robles        | <i>[Signature]</i> |
| 3  | Franco Baez        | <i>[Signature]</i> |
| 4  | Luisa Redel        | Luisa Redel Kopp   |
| 5  | Nancy Moya         | <i>[Signature]</i> |
| 6  | Aracelis Soreles   | <i>[Signature]</i> |
| 7  | DAVINA JARA V.     | <i>[Signature]</i> |
| 8  | VICTOR JEGA F.     | <i>[Signature]</i> |
| 9  | Rosalba Fuentes    | Rosalba Fuentes    |
| 10 |                    |                    |
| 11 |                    |                    |
| 12 |                    |                    |
| 13 |                    |                    |
| 14 |                    |                    |
| 15 |                    |                    |
| 16 |                    |                    |
| 17 |                    |                    |
| 18 |                    |                    |
| 19 |                    |                    |
| 20 |                    |                    |
| 21 |                    |                    |
| 22 |                    |                    |



### LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** Charla Agricultura Sustentable - BRA.  
**Sector (es) de Riego:** ACL  
**Lugar:**  
**Fecha:** 5-10-2006 **Hora:** 15:00  
**Monitores:** Catherine Delaveau  
 Viviane Jaramillo.

|    | NOMBRE                     | FIRMA              |
|----|----------------------------|--------------------|
| 1  | Fresia Baez Alfuentes      | <i>[Signature]</i> |
| 2  | Maria Cristina Martinez L. | <i>[Signature]</i> |
| 3  | Carmen Gonzalez S.         | <i>[Signature]</i> |
| 4  | Victor Jara F.             | <i>[Signature]</i> |
| 5  | Guillermo Paez P.          | <i>[Signature]</i> |
| 6  | Sady Mayra Restal          | <i>[Signature]</i> |
| 7  | Guillermo Aguilar R.       | <i>[Signature]</i> |
| 8  | Jose Kohler                | <i>[Signature]</i> |
| 9  | ISAVINA JARA               | <i>[Signature]</i> |
| 10 |                            |                    |
| 11 |                            |                    |
| 12 |                            |                    |
| 13 |                            |                    |
| 14 |                            |                    |
| 15 |                            |                    |
| 16 |                            |                    |
| 17 |                            |                    |
| 18 |                            |                    |
| 19 |                            |                    |
| 20 |                            |                    |
| 21 |                            |                    |
| 22 |                            |                    |

LISTA ASISTENCIA

Motivo: Buenos Prácticas de Riego, (mantenimiento)  
 Sector (es) de Riego: Conservación Infraestructura predial <sup>intec</sup>  
 Lugar: ACL.  
 Fecha: 11-10-2006 Hora: 10:00  
 Monitores: Pilar Vergara  
 Catherine Delavega  
 Alberto Rotolan D.

|    | NOMBRE                     | FIRMA             |
|----|----------------------------|-------------------|
| 1  | José Robles E.             | [Firma]           |
| 2  | Petucio Espinoza B.        | [Firma]           |
| 3  | VICTOR VEGA F              | [Firma]           |
| 4  | Sedy Maya R                | Sedy Maya Ruff.   |
| 5  | Fresia Baez C.             | F Baez C.         |
| 6  | Maria Cristina Martinez B. | [Firma]           |
| 7  | Ana Maria Morales Garcia   | [Firma]           |
| 8  | Luisa Padel Kopp.          | Luisa Padel Kopp. |
| 9  | MARINA J. [?]              | [Firma]           |
| 10 | Silvia [?]                 | [Firma]           |
| 11 | Juan Carlos González       | [Firma]           |
| 12 | Manuel Contreras Z.        | [Firma]           |
| 13 | Julio Cep?                 | [Firma]           |
| 14 | Tulio Espinoza             | [Firma]           |
| 15 |                            |                   |
| 16 |                            |                   |
| 17 |                            |                   |
| 18 |                            |                   |
| 19 |                            |                   |
| 20 |                            |                   |
| 21 |                            |                   |
| 22 |                            |                   |

## LISTA ASISTENCIA

**Motivo:** GESTION AGRICOLA

**Sector (es) de Riego:**

**Lugar:** ACL

**Fecha:** 26/9/2006 **Hora:**

**Monitores:** Indira Torres V.  
Karin Mourahe B.

|    | NOMBRE                      | FIRMA      |
|----|-----------------------------|------------|
| 1  | Enah Maria Hernandez        | [Firma]    |
| 2  | Patricia Espinoza           | [Firma]    |
| 3  | Sedy Moya Pedel             | Sedy Moya  |
| 4  | Jura Pedel                  | Jura Pedel |
| 5  | Amre Aguilar R              | [Firma]    |
| 6  | José Pobles E.              | [Firma]    |
| 7  | Victor Vega                 | [Firma]    |
| 8  | Fresia Baez C.              | [Firma]    |
| 9  | Cristine Martínez Alfuentes | [Firma]    |
| 10 | Garina Jona                 | [Firma]    |
| 11 |                             |            |
| 12 |                             |            |
| 13 |                             |            |
| 14 |                             |            |
| 15 |                             |            |
| 16 |                             |            |
| 17 |                             |            |
| 18 |                             |            |
| 19 |                             |            |
| 20 |                             |            |
| 21 |                             |            |
| 22 |                             |            |

ASISTENCIA A SEMINARIO  
 CONTABILIDAD SIMPLIFICADA Y LEY DE SUBCONTRATACIÓN  
 LOS ANGELES 3 OCTUBRE 2006

|    | NOMBRE                     | DIRECCIÓN / TELÉFONO / E-MAIL                | FIRMA    |
|----|----------------------------|--|----------|
| 1  | Teresa Isabel Arriagada C. | fonofax 315261 L.A.                          |          |
| 2  | Hector Anabalon            | calen 341; h-anabalon@hotmail.com            | Anabalon |
| 3  | Andrea Tapia M.            | " ; anttapiamar@gmail.com                    | "        |
| 4  | Wilson Gonzalez Aguilera   | Udec. wgonzalez@udec.cl                      |          |
| 5  | Carlos Sn. Martin          | Udec. <del>carlos</del> carlosmartin@udec.cl |          |
| 6  | Ivan Pacheco Salamanca     | Udec. ivanpacheco@udec.cl                    |          |
| 7  | Gerardo Herrera Morales    | Udec. geraherra@udec.cl                      |          |
| 8  | Daniel Mancione            | Udec. dmancione@udec.cl                      |          |
| 9  | Javier Gonzalez            | Udec. jgonzalez@udec.cl                      |          |
| 10 | Manuel Pérez               | Udec. manuel@perez@udec.cl                   |          |
| 11 | César Lobo                 | Udec. chuepo@udec.cl                         |          |
| 12 | Manuel Contreras           | casilla 77, L.A.                             |          |
| 13 | Yeana Troa                 | Udec. yeana@udec.cl                          |          |
| 14 | Gilberto Sanchez           | Av. Alemania 245, L.A.                       |          |
| 15 | Diego Velozquez            | Argentina 112, L.A.; Contador 345225         |          |
| 16 | Paolo Mancilla             | Udec. paolomancilla@udec.cl                  |          |
| 17 | Angie Sepulveda Felix      | Udec. angie.sepulveda@udec.cl                |          |
| 18 | Fernanda Santana           | Udec. fernantana@udec.cl                     |          |
| 19 | Karina Echeverri           | Udec. KarinaEcheverri@udec.cl                |          |
| 20 | Lucilia Constanza          | Udec. luciliconstanza@udec.cl                |          |

ASISTENCIA A SEMINARIO  
 CONTABILIDAD SIMPLIFICADA Y LEY DE SUBCONTRATACIÓN  
 LOS ANGELES 3 OCTUBRE 2006

|    | NOMBRE                           | DIRECCIÓN / TELÉFONO / E-MAIL            | FIRMA |
|----|----------------------------------|--|-------|
| 21 | Manuel Salazar                   | mgsalazosh@terra.cl / 09 8680322         |       |
| 22 | José Salazar                     | Apicultor / jrsalazosh@gmail.com 0735137 |       |
| 23 | Claudia Urrutia                  | UdeC. claudiaurrutia@udec.cl             |       |
| 24 | Paul Rocha                       | UdeC. rochamartinez@gmail.com.           |       |
| 25 | Yenifer Quiñes                   | UdeC. yeniquines@udec.cl.                |       |
| 26 | Julia Pustas                     | UdeC. julia_pustas@hotmail.com           |       |
| 27 | Carla Alvarez                    | UdeC. carloalvarez@udec.cl               |       |
| 28 | Francisca Parada                 | UdeC. franciscaparada@udec.cl            |       |
| 29 | Pamela Díaz Burgos               | UdeC. pamdiazb@udec.cl                   |       |
| 30 | Carlos Nicolás Muñoz             | UdeC. carlito_niel@gmail.com.            |       |
| 31 | <del>Abdo</del> Campos Espin     | UdeC. abdocampos@udec.cl                 |       |
| 32 | Eduardo Troncoso M.              | UdeC. edutriconos@udec.cl.               |       |
| 33 | Vivian Sanhueza                  | UdeC. visanhueza@udec.cl                 |       |
| 34 | Laura Guzmán N.                  | UdeC. lauraguzman@udec.cl                |       |
| 35 | Jorge Morales Valdovinos         | UdeC. jormorales@udec.cl                 |       |
| 36 | Marcela Saavedra C               | UdeC. marcesavedra@udec.cl               |       |
| 37 | <del>Lorena</del> Susana Escobar | UdeC. susescobar@udec.cl.                |       |
| 38 | Viviana Mella F.                 | UdeC. vivianmella@udec.cl                |       |
| 39 | Margarita Rojas                  | UdeC. margaritarojas@udec.cl             |       |
| 40 | Claudia Arriagada                | UdeC. claudiarriagada@udec.cl            |       |

| Nº | NOMBRES                    | INSTITUCION                  | TELEFONO   | CORREO ELECTRONICO  |
|----|----------------------------|------------------------------|------------|---------------------|
| 1  | Ninette Heredia Gomez      | Euro-Hansa                   | 341532     | nheredia@kugot.cl   |
| 2  | Gabriel Paul Flores        | Soc. Agrícola Valle del Lago | 223717     | gacid@kugot.cl      |
| 3  | Olivero Gaudencio Balboa   | Soc. Agrícola Valle del Lago | 223717     | Oleguiba@kugot.cl   |
| 4  | Eladio González            | Soc. Agrícola Valle del Lago | 978627689  | orillaf@kugot.cl    |
| 5  | Julio Zúñiga Rosado        | Cespa                        | 533355     | zunas@kugot.cl      |
| 6  | Julio Valdebenito          | Asociación                   | 533355     | JulioV@kugot.cl     |
| 7  | Fernando Hernández Quij    | Agrupación Las Vertientes    | 322484     | fhermas@kugot.cl    |
| 8  | Gabriel Zúñiga Rosado      | Unión Antonieta Camelo       | 322484     | fhermas@kugot.cl    |
| 9  | Antonio Cuevas Cabezas     | Soc. Agrícola A-62           | 313621     | ycuevas@kugot.cl    |
| 10 | Blanco Hugo Gutiérrez      | Independiente                | 85386116   |                     |
| 11 | Jorge Torres               | Soc. Agrícola                | 213159     | ytorres@kugot.cl    |
| 12 | Eladio González            | Independiente                | 362920     | eladog@kugot.cl     |
| 13 | Carlos Alberto             | Independiente                |            | alosegundo@kugot.cl |
| 14 | Juan Pablo Acuña Rodríguez | Juan Pablo Acuña Rodríguez   | 042-631125 | juapab@kugot.cl     |
| 15 | Habibeh Vera González      | Maria Acuña Quijón           | 042-631125 | vera@kugot.cl       |
| 16 | Fabrizio Medalla Toledo    | Maria Acuña Quijón           | 042-631125 | vera@kugot.cl       |
| 17 | Carolina Tabares Osuna     | Particular                   | 533352     | caros@kugot.cl      |
| 18 | Walter Vallejos            | Univ. de Concepción          | 405214     | wvallej@kugot.cl    |
| 19 | Mano José                  | Univ. de Concepción          | 405214     | manjose@kugot.cl    |
| 20 | Mano José                  | Univ. de Concepción          | 405214     | manjose@kugot.cl    |
| 21 | Felipe Bianchi Gayard      | Univ. de Concepción          | 95714664   | fbianchi@kugot.cl   |
| 22 | Jesús Rodríguez            | Productor y Colaborador      | 0919295625 | rodriguez@kugot.cl  |
| 23 | Bruce Ross                 | Productor y Colaborador      |            | bruce@kugot.cl      |
| 24 | Mano Lapazetti             | Mano Lapazetti               | 562962     | mano@kugot.cl       |
| 25 | Edgardo Reyes              | Fundo El Quier               | 511320     | edgardo@kugot.cl    |
| 26 | Carlos Jajel Rodríguez     | Cooperativa                  | 320357     | carlos@kugot.cl     |
| 27 | Carlos Jajel               | Cooperativa                  | 313722     | carlos@kugot.cl     |
| 28 | Richard Velazquez Lopez    | Cooperativa                  | 345225     | richard@kugot.cl    |
| 29 | Juan Heredia Quijón        | Lactoshering S.A.            | 091726409  | heredia@kugot.cl    |
| 30 | Carlos Schurch González    | Cooperativa                  | 0912224016 | cschurch@kugot.cl   |
| 31 | Mano Cas                   | Cooperativa                  | 1921304    |                     |
| 32 | Carlos Jajel               | Nelson Catalán               | 021776926  | carlos@kugot.cl     |
| 33 | Alonso Vera                | Alonso Vera                  | 561468     | alonso@kugot.cl     |
| 34 | Caral Zanetti Quijón       | Señal del Buzo               | 99201050   | caral@kugot.cl      |
| 35 | Mano Zúñiga                | Manguelón Bares              | 321743     | manoz@kugot.cl      |
| 36 | Guillermo Hernández        | Univ.                        | 94887331   | guillermo@kugot.cl  |
| 37 | Mano Jajel                 | Univ. de Concepción          | 88620128   | manoj@kugot.cl      |
| 38 | Mano Jajel                 | Univ. de Concepción          | 363297     | manoj@kugot.cl      |

| Nº | NOMBRES               | INSTITUCION          | TELEFONO   | CORREO ELECTRONICO    |
|----|-----------------------|----------------------|------------|-----------------------|
| 21 | Baraa Inyera          | Universidad de Ciego | 08/5915681 | inyera@univ.edu.cu    |
| 22 | René Soto             | Univ. de Ciego       | 327243     | renesoto@univ.edu.cu  |
| 23 | Rafael René Pare      | Univ. de Ciego       | 09/8127655 | rafael@univ.edu.cu    |
| 24 | Rafael Pare           | Univ. de Ciego       | 08/4566249 | rafael@univ.edu.cu    |
| 25 | José José             | Univ. de Ciego       | 09/0705720 | jjose@univ.edu.cu     |
| 26 | Paulo René Hardy      |                      | 214744     | rene@univ.edu.cu      |
| 27 | Esteban René Hardy    |                      | 324858     | esteban@univ.edu.cu   |
| 28 | Alejandro René (Udel) | Univ. de Ciego       | 02/5459015 | alejandro@univ.edu.cu |
| 29 | Rafael Ángel Pare     | Politec              | 402519     | rafael@univ.edu.cu    |
| 30 | Rafael Pare           | Burellas Udel        | 462542     | rafael@univ.edu.cu    |
| 31 | Mary Fabianky         | Univ. Agrícola A-62  | 313621     |                       |
| 32 | Alejo Doulos          | Univ. Agrícola A-62  | 215151     | alejo@univ.edu.cu     |
| 33 | Rafael Pare           | Univ. de Ciego       |            |                       |
| 34 | Rafael Pare           | Univ. Agrícola A-62  | 313621     |                       |
| 35 | Rafael Pare           | Univ. Agrícola A-62  | 313621     |                       |
| 36 | Alejandra Pare        | Univ. Agrícola A-62  | 313621     |                       |
| 37 | Rafael Pare           | Univ. Agrícola A-62  | 325613     |                       |
| 38 | Alejandra Pare        | Univ. Agrícola A-62  | 313621     |                       |
| 39 | Ernesto Wenter        | Univ. Agrícola A-62  | 211742     | ernesto@univ.edu.cu   |
| 40 | Luis Luis Pare        | Univ. Agrícola A-62  | 313264     | luis@univ.edu.cu      |
| 41 | Crystian Pare         | Univ. Agrícola A-62  | 311530     | crystian@univ.edu.cu  |

| Nº | NOMBRES                 | INSTITUCION             | TELEFONO  | CORREO ELECTRONICO              |
|----|-------------------------|-------------------------|-----------|---------------------------------|
| 1  | Francisco Gaudin        | U de Concepcion         | 94887565  | Francisg@uconcepcion.cl         |
| 2  | Yaselin Torres          |                         | 9         | yaselin.torres@uconcepcion.cl   |
| 3  | Konrad Ruff Grallert    |                         | 87467314  | konradruff@uconcepcion.cl       |
| 4  | Janet San Martín        | Oficina Contabilidad    | 316981    | janet.smrt@uconcepcion.cl       |
| 5  | Viviana Cepente         | Ferment Hda.            | 363014    | fermon@terra.cl                 |
| 6  | Carol Müller            | Siwoa proyección S.R.L. | 6306644   | sofoar@uconcepcion.cl           |
| 7  | Lilien Espinoza         | Tambillo Hda.           | 317023    | servconter@terra.cl             |
| 8  | Rodrigo Rodriguez       | Multica Hda.            | 320328    | rodrigorodriguez@uconcepcion.cl |
| 9  | María Rodríguez         | (Noticia)               | 329249    | mrveloz@uconcepcion.cl          |
| 10 | Edo Beladilla           |                         | 322653    | #-534 LA                        |
| 11 | Carlos Castellón        | Agricultor              | 315343    | castellon.carlos@uconcepcion.cl |
| 12 | Federico Schuch         |                         | 84995928  |                                 |
| 13 | Lorena Andaró           | Ingeniero Agrónomo      | 97496354  | lorand@uconcepcion.cl           |
| 14 | Claudia Lillo Caldera   | U de Agrícola           | 313621    | clalillo@uconcepcion.cl         |
| 15 | Nadia Ruiz              | Contacto Auditor        | 630220    | h.ruiz@uconcepcion.cl           |
| 16 | Carmelo Loyola          |                         | 1971310   |                                 |
| 17 | Ximena Medina           | Inacap                  | 630840    | xmerino@inacap.cl               |
| 18 | Marta Troncoso          |                         | 088092684 | marta.3114@uconcepcion.cl       |
| 19 | Uselle Mepelme          |                         | 9279066   | uselle.mepelme@uconcepcion.cl   |
| 20 | Marta Beltrán           |                         | 96141707  | marta.beltran@uconcepcion.cl    |
| 21 | Evelyn Aquilera         | U de Concepcion         | 86429896  | Eveaquilera@uconcepcion.cl      |
| 22 | Catalina Pérez          | Sección Agro Hda        | 363001    | lisager@uconcepcion.cl          |
| 23 | Maria Jara              | U de C.                 | 85300354  | margar@uconcepcion.cl           |
| 24 | Hector Molina           | U de C.                 | 8642120   | Hector.molina@uconcepcion.cl    |
| 25 | Tamara Villar           | U de C.                 | 83809711  | Tvillar@uconcepcion.cl          |
| 26 | Raúl Alcázar            | Alimentación            | 312904    | veala@uconcepcion.cl            |
| 27 | Maria Leticia Llona     | U de C.                 | 630362    | moniferu@uconcepcion.cl         |
| 28 | Claudia Arnos           | U de C.                 | 85429832  | claris@uconcepcion.cl           |
| 29 | José González           | U de C.                 | 82061399  | jgomez@uconcepcion.cl           |
| 30 | Paulina Andaró          | U de C.                 | 80664421  | pandaro@uconcepcion.cl          |
| 31 | Rodrigo Rojas           | U de C.                 | 85706113  | rrojas@uconcepcion.cl           |
| 32 | Jaimé Alex Trices       | U de C.                 | 93170022  | jaimalex@uconcepcion.cl         |
| 33 | Ricardo Beltrán         | U de C.                 | 93059886  | rica.beltran@uconcepcion.cl     |
| 34 | Margarita Gómez         | U de C.                 | 88927289  | mgomez@uconcepcion.cl           |
| 35 | Wilson Gallardo         | U de C.                 | 85548711  | wgallardo@uconcepcion.cl        |
| 36 | Gustavo Escobar         | U de C.                 | 89516293  | gustavoescobar@uconcepcion.cl   |
| 37 | Isabel Idan Ulloa Rivas | U de C.                 | 08374141  | idomello@uconcepcion.cl         |



ASISTENCIA ENCUENTRO BOCATOMA

MARTES, 24 OCTUBRE 2006

| NOMBRE                       | DIRECCIÓN / TELÉFONO / E-MAIL                      | FIRMA                |
|------------------------------|--|----------------------|
| Margarita Escobar D.         | Sta Fe. 3910 26                                    | Margarita Escobar D. |
| Guion Ocampo                 | C Colorado 55 17448                                | Guion Ocampo         |
| Juan Carlos Rivera E 11      | 1970251  | Juan Carlos Rivera   |
| José Dolz E.                 | 319722 h.A.  | José Dolz            |
| SILVIA, CEN REYES            | Sta FE 09-9431853                                  | Silvia Reyes         |
| RENEZ LUENGO O               | Sect. MONTAÑADA 461633.                            | Renzo Luengo         |
| UWE KRAUSE KOLLBNER          | Sect. ARAÿAN 90786221                              | Uwe Krause           |
| Gilberto Sánchez Cuevas      | Sector Montañada. 97069507                         | Gilberto Sánchez     |
| José Muñoz C.                | C Colorado 2.949/346                               | José Muñoz           |
| Cristina Martínez C.         | Parc. N° El Huertón 1972161/087439920              | Cristina Martínez    |
| Fraide Cifuentes Sanchez.    | El Huertón 1972161.                                | Fraide Cifuentes     |
| JESSICA PRADO MATTE          | KM 14 AMINO A ANILU 9434562T mateprado@hotmail.com | Jessica Prado        |
| Concepción Sepúlveda D. hija | Viqueco Parcela 35. 643/970271. (88 37132144)      | Concepción Sepúlveda |
| Theresa Sáez Cifuentes       | Los Angeles (Cerro Colorado) 970459                | Theresa Sáez         |
| Guillermo Aguayo R           | Parcela 4 V. Campesina. 313722                     | Guillermo Aguayo     |
| José E. Robles E             | Parcela 4 V. Campesina 313722                      | José Robles          |
| Marta Abello.                | Parcela 7 V. Campesina 8.4347446.                  | Marta Abello         |
| José Amador                  | Pedregal 09-2726024                                | José Amador          |
| José Trostoyza Z.            | foto gallina rd. 84.347446                         | José Trostoyza       |

