

## MEMORIA DE CÁLCULO

### ALTIMETRÍA DEL PROYECTO

*(extraído del Documento: Ordenamiento de las Aguas en la Cuenca Baja del V.I.R.Ch. Informe Final - 2014– Ing. Gastón TYTGAT-Consultor Ambiental)*

A los efectos de poder realizar los cálculos hidráulicos de dimensionado de las conducciones a construir, y elaborar la documentación gráfica para la construcción de la obra de interconexión de los cuencos pluviales, fue considerada la planialtimetría de detalle según datos que constan en los planos:

La información obrante en los planos citados permite obtener:

- Progresivas parciales y acumuladas.
- Cotas de Terreno.
- Detalles de Altimetría.
- Curvas horizontales (con delimitación de la dirección y el ángulo).

En función de los datos extractados de los planos citados fueron elaborados los planos de proyecto de las conducciones en los que constan además de los datos enunciados previamente los siguientes:

- Cota de Intradós
- Tapada
- Pendientes y longitudes de los distintos tramos
- Ángulos verticales
- Ubicación en planta y corte de válvulas esclusas, de aire y de desagüe.

Para la determinación de la cota de Intradós de las tuberías se respetó como consigna que el trazado de la cañería debe hacerse de tal manera que facilite la acumulación de aire en puntos altos perfectamente determinados, donde se instalan los aparatos que permiten su evacuación.



Asimismo en los puntos bajos debe existir la posibilidad del desagüe de la tubería a fin de proceder a tareas de reparación o limpieza del mismo, hecho que es posible mediante la colocación de válvulas de desagüe con sus respectivas cámaras.

Resulta aconsejable proceder al trazado de un perfil de la conducción con subidas lentas y bajadas rápidas para facilitar la acumulación del aire en los puntos altos al mismo tiempo que se opone al eventual arrastre de bolsas de aire.

En el caso de la presente obra se ha adoptado según las recomendaciones del ENOHSa una pendiente mínima del 3 por mil en los tramos ascendentes y del 6 por mil para los tramos descendentes.

### **DIMENSIONADO HIDRÁULICO DE LOS TRAMOS DE CONDUCCIÓN**

En función de lo descrito previamente se presenta a continuación el dimensionado hidráulico de los Tramos.

#### **Sistema Musters**

El Sistema Musters recibe los aportes de una cuenca de unas 596 hectáreas urbanizadas, que comprende aproximadamente a los barrios Sarmiento, Democracia, Los Olmos, y parte de los Barrios Santa Mónica, San José, Illia, Etchepare y Los Sauces.

Como se indicó anteriormente se evaluará la posibilidad de modificar la estación de bombeo actual del sistema, modificando el manifold de las bombas de achique instaladas en la misma, a fin de agregar un nuevo ramal que comunique dicha estación con la red de conducción del Sistema Owen.

Se verificará que los elementos y materiales propuestos cumplan con las condiciones adecuadas de funcionamiento y desempeño, tanto en aquellos ya instalados como en los que se proyecta instalar.

La estación de bombeo del Sistema Musters se encuentra emplazada en la margen norte del río Chubut, donde se ha construido un punto de descarga de los pluviales, en la prolongación de la calle Musters.

Se trata de una estación de bombeo del tipo Cámara Húmeda, con cinco (5) electrobombas sumergibles principales, tipo axial Flygt 7061 de 115 Kw - 950 rpm, y con dos



(2) electrobombas sumergibles secundarias o de achique, tipo radial Flygt 3202 de 37 kw - 970 rpm.

El edificio dispone en su entrada de cinco (5) canales o vanos, en cada uno de los cuales va montada una reja metálica, destinada a retener los materiales sólidos y flotantes que se puedan concentrar en las inmediaciones del cuenco o pozo de bombeo. A su vez, en los laterales del pozo, se ubican los dos (2) equipos de bombeo menores, los cuales permitirán achicar la cámara tanto para limpieza como para situaciones de lluvias tipo llovizna de muy pequeños caudales.

La entrada a cada canal puede ser bloqueada para tareas de mantenimiento por medio de ataguías que se disponen y colocan desde la superficie. La cantidad de ataguías son las necesarias para cerrar dos canales, ya que éstos están vinculados hidráulicamente dos a dos por medio de aberturas en el fondo.

Para suplir la falta de energía eléctrica en la EB, se ha colocado un grupo electrógeno de emergencia, con potencia adecuada para que pueda alimentar la potencia requerida de dos de los cinco equipos instalados que puedan trabajar simultáneamente.

El edificio destinado a la sala de bombas es de una sola planta. Su cota inferior está determinada por el mínimo nivel del líquido afluente y la sumergencia de las bombas. El nivel de la losa superior se ubica a la cota de plano. Por encima de esta losa se ubican el sistema limpiarrejas, las cañerías de descarga de las bombas y demás elementos de maniobra.

De acuerdo a los criterios de diseño indicados anteriormente, se han instalado rejas de limpieza mecánica para la retención de sólidos en el ingreso a los canales de acceso a las bombas. El paso de las mismas es en función del tamaño de bomba a utilizar. El montaje de las rejas es oblicuo, y cuentan con un sistema de remoción de sólidos con pescante comandado desde la parte superior por el operador.

Aguas arriba de las rejas, se han colocado ataguías para permitir el cierre del canal, en caso de ser necesario el mantenimiento del mismo.

Las ataguías son colocadas o removidas desde arriba con un equipo de izaje externo.

Estas ataguías están conformadas por módulos apilables de manera de cerrar el vano cuya sección estará dada por el ancho del canal y la altura determinada por el nivel de piso y el máximo nivel del pelo de agua en el cuenco.



En el segundo cuerpo, destinado al comando y control de la operación de la EB, se encuentran: el tablero de comando, el grupo electrógeno y el transformador de tensión, dependencias sanitarias y un depósito de materiales.

El Edificio Secundario estará construido sobre el nivel del terreno, adyacente al edificio principal. Su disposición en planta de forma rectangular de 9,75 x 11,5 m facilita la localización de los equipos de maniobra y comando, así como las tareas de vigilancia.

Este edificio consta de cinco recintos, todos ellos vinculados entre sí destinados a: la oficina, la sala de comandos, el transformador, el depósito y el grupo electrógeno.

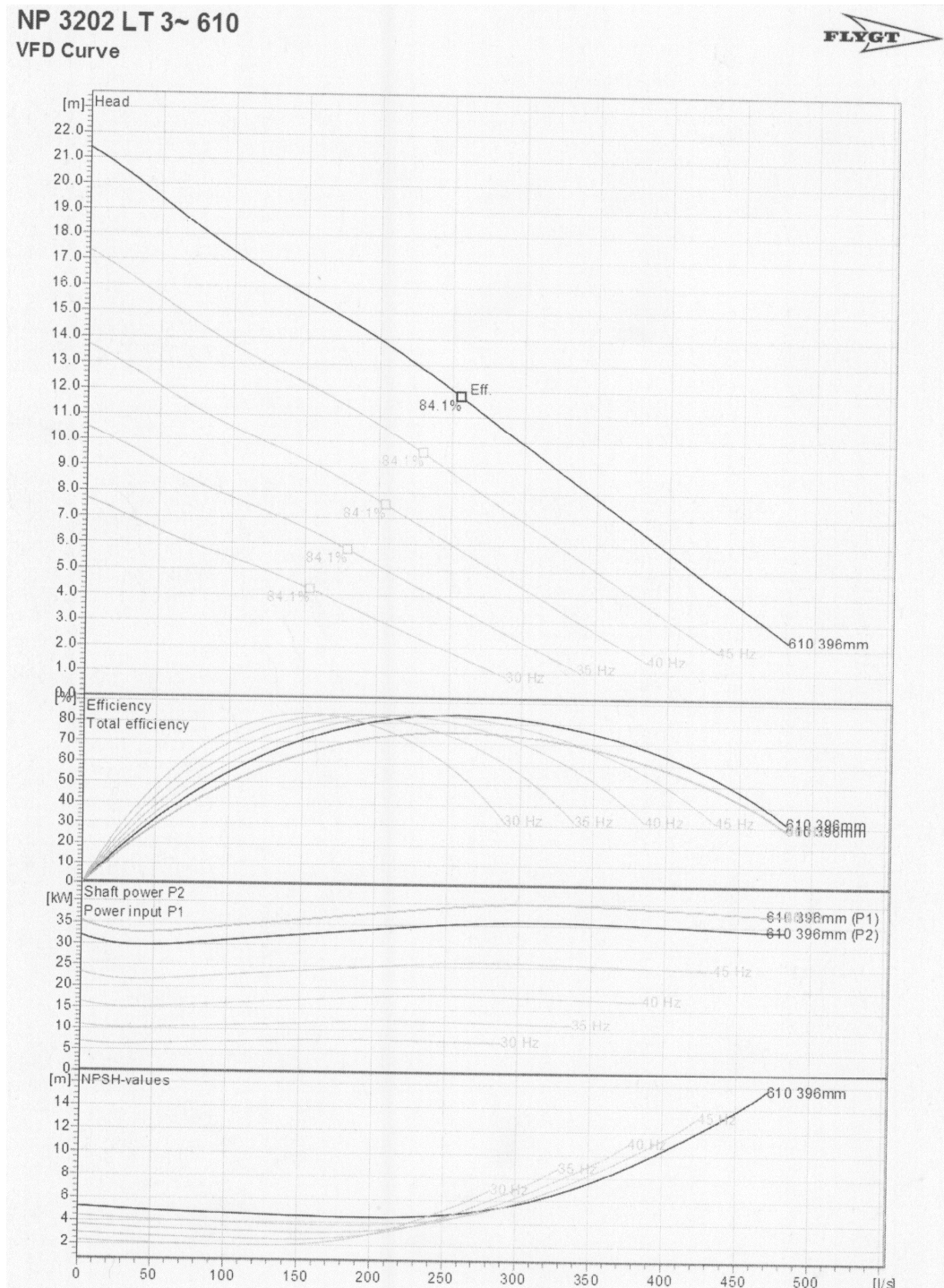
La orientación del mismo está destinada a facilitar la máxima vigilancia de las instalaciones de la EB controlando el acceso de personas al edificio principal, asegurando un mínimo nivel de ruidos ya que el grupo electrógeno está orientado hacia el lado del río opuesto a la EB donde no hay actividad humana.

En este proyecto se pretende utilizar las bombas de achique, instaladas en la estación de bombeo, para impulsar los líquidos pluviales alojados en el cuenco, a través de una conducción a presión, receptor hasta su empalme con la red de distribución del Sistema Owen. Por lo tanto se deberá comprobar el correcto funcionamiento del conjunto: Cuenco Receptor – Sistema de Bombeo – Tubería de Impulsión.

### **Proyecto**

Se trata de dos (2) bombas tipo radial Flygt 3202 de 37 kw - 970 rpm, instaladas en paralelo, con un caudal máximo de 500 lts/seg cada una.

A continuación se muestran las curvas de funcionamiento, extraídas de los catálogos del fabricante, de dichos equipos:



A continuación se prevé la modificación del manifold de dichas bombas, realizando una nueva derivación hasta una cámara con válvula de aire, ubicada en el exterior de la estación de bombeo, en el lateral Oeste, aproximadamente a 2 m de la misma, desde donde partirá la tubería de impulsión.



Se prevé que la tubería de impulsión este conformada por caños de PVC con las siguientes características:

- |                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| • Diámetro nominal de caños de PVC | 0.40 m    |
| • Espesor                          | 11,7 mm   |
| • Diámetro interior adoptado       | 376,6 mm  |
| • Rugosidad del PVC                | 0.0015 mm |

La tubería correrá en forma paralela a la calle Musters hasta la intercepción de la misma con la calle Capitán Murga, en donde se colocara una curva a 90° y la conducción proseguirá por dicha arteria hasta la intersección con la calle Juan Manuel de Rosas, en dicho punto se colocara nuevamente una curva a 90° a fin de derivar la conducción hasta su embocadura en la cámara de la boca de tormenta, ubicada en la esquina Nor-Oeste de la intersección, perteneciente a la red de conducción del Sistema Owen, desde donde se desarrollara a través de los conductos existentes hasta su descarga en el cuenco de ese sistema.

Esta traza propuesta da como resultado una conducción de 1406,95 m de largo.

Vale aclarar que la conducción propuesta se desarrolla íntegramente por terrenos pertenecientes al propio sistema Musters, o bien dentro de la proyección vertical de la calzada, evitando la invasión de terrenos privados y, consecuentemente, la necesidad de expropiación de los mismos.

### **Verificación**

Se deberá verificar si el sistema propuesto funciona correctamente y es capaz de evacuar el volumen de líquido requerido. Para ello se plantea una variedad de caudales a escurrir, para los cuales se calcularan las pérdidas estimadas a lo largo de la conducción y se corroborara que el sistema de bombeo propuesto sea capaz de funcionar a la relación Caudal – Altura demandada.

Parámetros Topográficos





- Cota inicio (corresponde al nivel del equipo de bombeo): 0,11 m
- Cota fin (corresponde al nivel de descarga en el ducto pluvial existente en Juan M. de Rosas y Cap. Murga): 6,91 m

#### Sistema de Bombeo

- Equipo: Flygt 3202 tipo radial de 37 kw - 970 rpm
- Cantidad: 2
- Funcionamiento: Paralelo
- Caudal Máximo: 450 lts/seg
- Altura Máxima: 21 m

#### Tubería de Impulsión

- Longitud de la tubería de impulsión: 1406,95 m
- Diámetro Nominal: 400 mm
- Diámetro Interno: 376,6 mm
- Material: PVC
- Coeficiente de rugosidad del material: 140
- Accesorios estimados a instalar:
  - Curva a 90°: 5
  - Válvula de retención: 2
  - Válvula exclusiva: 2
  - Te paso directo: 2

A continuación se detalla la metodología de cálculo empleada:

- (1) Caudal impulsado (Q) en m<sup>3</sup>/seg: se planteara una variedad de caudales a escurrir por la tubería de impulsión, con un incremento fijo, a fin de determinar el comportamiento del sistema para cada uno de ellos.

- (2) Pérdida unitaria a lo largo de la impulsión ( $j_{imp}$ ): para este cálculo se utilizó la ecuación de Flamant (PVC):

$$j_{imp} = 0,000831 \times Q^{1,75} \times D_{int}^{-4,75}$$

$j_{imp}$ : pérdida de carga unitaria

Q: caudal [ $m^3/seg$ ]

$D_{int}$ : diámetro interno de la cañería [m]

- (3) Pérdida de carga a lo largo de la impulsión ( $H_{imp}$ ) en m.c.a.: es la pérdida total en metros durante el escurrimiento por la tubería, se determina como:

$$H_{imp} = j_{imp} \cdot L_{imp}$$

$H_{imp}$ : pérdida de carga a lo largo de la impulsión [m.c.a.]

$j_{imp}$ : pérdida de carga unitaria

$L_{imp}$ : longitud de la impulsión [m]

- (4) Pérdida de carga unitaria por accesorios ( $j_{acc}$ ): para ello se utiliza la ecuación de Hazen - Williams:

$$j_{acc} = \frac{10,61 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D_{int}^{4,87}}$$

$j_{acc}$ : pérdida de carga unitaria por accesorios

Q: caudal [ $m^3/seg$ ]

$D_{int}$ : diámetro interno de la cañería [m]



C: coeficiente para PVC = 140

- (5) Pérdida de carga por accesorios ( $H_{acc}$ ) en m.c.a.: es la pérdida total en metros durante el escurrimiento por la tubería, debido a la interposición de los accesorios necesarios en la misma, se determina como:

$$H_{acc} = j_{acc} \cdot L_{eq}$$

$H_{acc}$ : pérdida total por accesorios [m]

$j_{acc}$ : pérdida de carga unitaria por accesorios

$L_{eq}$ : longitud equivalente de los accesorios colocados [m]:

Longitudes equivalentes de accesorios a colocar			
Descripción	L expresada en D ( Nro. de D )	Cantidad	Longitud
			[m]
Curva a 90°	45	5	84.735
V Retención	100	2	75.32
V esclusa	8	2	6.0256
Te paso directo	20	2	15.064
<b>TOTAL</b>			<b>181.1446</b>

- (6) Desnivel topográfico ( $H_g$ ) en metros: diferencia entre la cota de inicio de la impulsión y la cota final de descarga:

$$H_g = H_F - H_I$$

$H_g$ : desnivel topográfico [m]

$H_F$ : cota de descarga final de la tubería de impulsión [m]

$H_I$ : cota de inicio de la impulsión [m]

(7) Altura Total ( $H_{Total}$ ) en metros: desnivel total a saltar por la impulsión, considerando tanto desnivel topográfico como pérdidas

$$H_{Total} = H_{imp} + H_{acc} + H_g$$

$H_{Total}$ : altura total [m]

$H_{imp}$ : pérdida de carga a lo largo de la impulsión [m.c.a.]

$H_{acc}$ : pérdida total por accesorios [m]

$H_g$ : desnivel topográfico [m]

Con las expresiones planteadas se realizó el siguiente análisis:

Q	$j_{imp}$	$H_{imp}$	$j_{acc}$	$H_{acc}$	$H_g$	$H_{Total}$
[m <sup>3</sup> /seg]		[mca]		[mca]	[m]	[m]
0	0.000	0.00	0.000	0.00	6.8	6.80
0.05	0.000	0.64	0.001	0.09		7.53
0.1	0.002	2.15	0.002	0.34		9.29
0.15	0.003	4.37	0.004	0.72		11.89
0.2	0.005	7.23	0.007	1.22		15.25
0.25	0.008	10.69	0.010	1.84		19.33
0.3	0.010	14.70	0.014	2.58		24.08
0.35	0.014	19.26	0.019	3.43		29.49
0.4	0.017	24.33	0.024	4.39		35.52
0.45	0.021	29.89	0.030	5.46		42.15

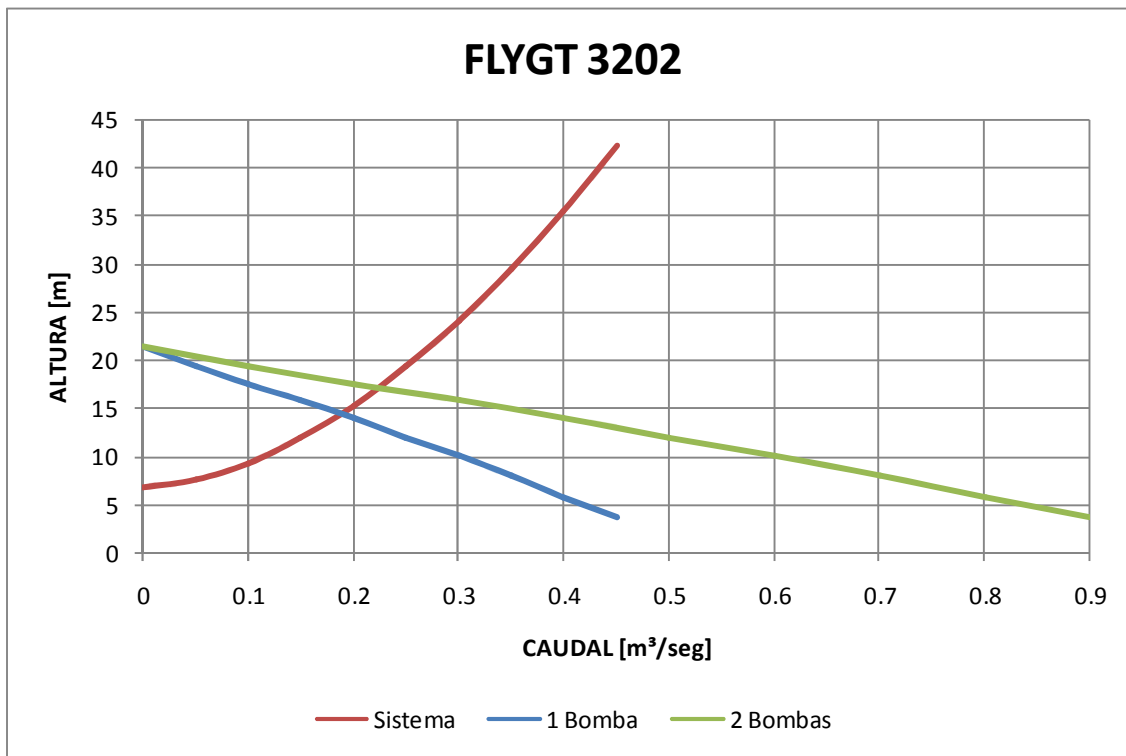
*Tabla I: Análisis de caudales y pérdidas para la conducción del Sistema Musters*

Realizado dicho análisis se procedió a comparar la curva resultante del sistema para los distintos caudales con la curva de funcionamiento de la bomba a utilizar, a fin de establecer, si existe, el punto de intersección entre ambas.

Utilizando la curva proporcionada por el fabricante se procedió a simular dos funcionamientos distintos:

- A) Con un solo equipo de bombeo funcionando.
- B) Con ambos equipos funcionando en paralelo

El resultado se exhibe en el siguiente grafico:



Como puede observarse las curvas de los dos funcionamientos planteados interceptan a la curva de funcionamiento del sistema, por lo tanto ambas configuraciones son compatibles con los requerimientos del mismo.

Los puntos de intercepción para cada caso son:

- A) 1 Bomba funcionando
  - Caudal: 0,187 m³/seg



- Altura: 14,34 m

B) 2 Bombas funcionando en paralelo

- Caudal: 0,225 m<sup>3</sup>/seg
- Altura: 17,20 m

Finalmente debe estimarse el tiempo de vaciado del cuenco para ambos funcionamientos.

Para ello se consideraron las siguientes hipótesis:

- El cuenco se encuentra lleno a su máxima capacidad de almacenaje.
- Se considera lleno el conducto principal del Sistema Musters hasta la intersección del mismo con la calle Michael Jones, esto comprende un tramo de 1400 m (aprox.) entre las calles Michael Jones y Capitan Murga, conformado por un conducto rectangular de 3,00 m de base por 2,00 m de alto, sumado al tramo final desde la anterior intercepción hasta la desembocadura en el cuenco, que consiste en un conducto rectangular de 120 m (aprox.) de largo, con dimensiones de 3,00 m de base por 2,20 m de alto. El volumen total resultante se observa a continuación:

<b>MUSTERS</b>			
<b>CONDUCCION</b>			
<b>TRAMO I</b>	<b>Longitud</b>	1400	m
	<b>Ancho</b>	3	m
	<b>Alto</b>	2	m
	<b>Volumen</b>	8400	m <sup>3</sup>
<b>TRAMO II</b>	<b>Longitud</b>	120	m
	<b>Ancho</b>	3	m
	<b>Alto</b>	2.2	m
	<b>Volumen</b>	792	m <sup>3</sup>
<b>CUENCO</b>			
<b>VOLUMEN NOMINAL</b>		83283	m <sup>3</sup>
<b>VOLUMEN TOTAL</b>		<b>92475</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

- No se producen aportes al cuenco durante el proceso.

Los resultados de la simulación de vaciado del cuenco se muestran a continuación:

FUNCIONAMIENTO	TIEMPO DE VACIADO			
	[seg]	[min]	[hs]	[dias]
<b>1 BOMBA</b>	493358.8	8222.6	137.0	5.7
<b>2 BOMBAS</b>	411037.7	6850.6	114.2	4.8

### **Verificación De Estados Transitorios**

Los estados transitorios generados por un escurrimiento impermanente, comúnmente identificados como golpe de ariete, se originan ante la modificación del equilibrio dinámico de un escurrimiento a presión, dada por ejemplo por la variación brusca de la velocidad de flujo del fluido que circula en una conducción.

Básicamente, se genera un proceso ondulatorio en el que se intercambia cantidad de movimiento del fluido en circulación con la energía elástica que almacena la tubería. Las ondas de presión se trasladan a una velocidad (celeridad) que depende de las características físicas del líquido y de la tubería, y “rebotan” en las condiciones de borde del sistema.

En el sistema objeto del estudio, la condición de impermanencia crítica es la detención de la bomba, ocasionada por las operaciones regulares de detención o por el corte en el suministro de energía eléctrica. En este caso se generan depresiones que pueden generar la ruptura de la vena líquida y el colapso de las cañerías de PVC. El arranque de las bombas podría ser otra causa, pero sus efectos son poco significativos con relación al caso anterior.

Los resultados obtenidos se presentan como curvas de alturas piezométricas máximas y mínimas, que son las envolventes de los picos de las ondas de presión generadas durante el transitorio.

### **Golpe de Ariete**

Celeridad o velocidad de las ondas elásticas en la tubería de impulsión (c):

$$c = \frac{\left(Ea \cdot \frac{g}{\mu}\right)^{0,5}}{\left(1 + \frac{D}{e} \cdot \frac{Et}{Ea}\right)^{0,5}}$$

Aceleración de la gravedad (g): 981 cm/seg<sup>2</sup>

Masa específica del agua ( $\mu$ ): 0,001 kg/cm<sup>3</sup>

Módulo de elasticidad del agua (Ea): 19800 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad del PVC (Et): 30000 kg/cm<sup>2</sup>

Diámetro exterior de la tubería (De): 400 mm

Diámetro interior de la tubería (Di): 376,6 mm

Espesor de las paredes (e): 11,7 mm

$$c = 19180,06 \text{ cm/seg} = 191,80 \text{ m/seg}$$

Tiempo de Reflexión de la Onda de Sobrepresión (Tr):

$$Tr = \frac{2 \cdot L_{imp}}{c} = \frac{2 \cdot 1406,95m}{191,80 \text{ m/seg}} = 14,67 \text{ seg}$$

Tiempo de Parada del Bombeo por Corte de Energía (Tp):

$$Tp = C + \frac{K \times V \times L_{imp}}{g \times Hg}$$



$$V = \frac{Q \times 4}{\pi \times (De - e)^2}$$

C: 1

K: 2

Q (2 Bombas 3202): 224,98 lts/seg

V: 1,90 m/seg

Tp: 81,14 seg

Calculo de la sobrepresión (Ha):

Como el tiempo de parada o de maniobra (Tp) es mayor que el tiempo de reflexión de la onda de sobrepresión (Tr) (tiempo que tarda la onda elástica en recorrer dos veces la tubería) el cierre es lento y para calcular las sobrepresiones debe utilizarse la ecuación de Michaud.

$$Ha = \frac{2 \cdot L \cdot V}{g \cdot Tp}$$

$$Ht = Hg + Ha$$

Sobrepresión (Ha): 6,72 m

Presión para Q = 0 (Hg): 6,80 m

Presión Total (Ht): 13,52 m.c.a.





Mínimamente deberá utilizarse una tubería Clase 2 (soporta 20 kg/cm<sup>2</sup>), aunque igualmente se recomienda, por cuestiones de seguridad, utilizar Clase 4 o superior.

### **Sistema Owen**

El sistema Owen abarca una cuenca endorreica que como resultado del presente trabajo tiene su punto de concentración en el cuenco regulador homónimo, inmediato a la estación de bombeo. Desde la estación de bombeo descarga al Río Chubut a través de una cañería de impulsión de 2072 m de longitud.

La superficie total resultante de la cuenca es de 497 ha.

El Sistema se extiende sobre los barrios San David, J. M. de Rosas, San Benito, Villa Italia y 12 de Octubre, y parte del barrio Los Olmos,

El escurrimiento superficial se produce por una superficie de muy escasa pendiente, originando prolongadas permanencias de agua en vastas extensiones que solo se eliminan por evaporación. Como se indicó anteriormente se evaluará la posibilidad de modificar la estación de bombeo actual del sistema, modificando el manifold de las bombas de achique instaladas en la misma, a fin de agregar un nuevo ramal que comunique dicha estación con la red de conducción del Sistema Owen.

Se verificará que los elementos y materiales propuestos cumplan con las condiciones adecuadas de funcionamiento y desempeño, tanto en aquellos ya instalados como en los que se proyecta instalar.

El destino final de los excedentes del Sistema OWEN es el Río Chubut. La descarga se produce en el Río a través de una cámara de descarga. A esta cámara llega el agua a presión mediante la cañería de impulsión desde la Estación de Bombeo, con caudales regulados por el funcionamiento de la misma para distintas condiciones de operación.

La Estación de Bombeo toma el líquido del cuenco regulador de crecidas ubicado inmediato a la misma.



La misma está ubicada a escasos 800 m al Oeste de la rotonda de intersección entre las Ruta Nacional N°3 y la Ruta Provincial N°7, en uno de los laterales del cuenco vinculándose a éste a través de un canal de ingreso.

Se trata de una estación de bombeo del tipo Cámara Húmeda con tres electrobombas centrífugas sumergibles de eje vertical alojadas en su interior.

El canal de entrada es de forma trapezoidal visto en planta, con un inicio muy amplio en correspondencia con el cuenco y finaliza en dos canales a través de un muro divisorio al llegar al pozo de bombeo.

Dentro de cada canal van montadas sendas rejas metálicas destinadas a retener los sólidos que se puedan concentrar en las inmediaciones. Teniendo en cuenta la cantidad de residuos que puede juntarse de acuerdo a la experiencia de las EB existentes, se ha colocado de un equipo automático de limpieza de rejas.

El cierre hidráulico de toda la EB se ha materializado mediante ataguías colocadas aguas arriba de las rejas, en cada canal. Estas ataguías están construidas en módulos apilables hasta sobrepasar los 6,50 m que es el máximo nivel de agua en el cuenco.

Para suplir la falla en el suministro de energía eléctrica en la EB se ha previsto la colocación de un grupo electrógeno de emergencia con potencia adecuada para que pueda alimentar la máxima potencia requerida por todos los equipos instalados trabajando simultáneamente y, en particular, durante sus arranques.

El edificio destinado a la sala de bombas es de dos plantas. La planta inferior, ubicada a cota + 2,50 m para el pozo de bombeo, y la planta superior, en cota + 7,75 m, destinado al comando de los equipos, oficinas y grupo electrógeno.

La impulsión es de 800 mm de diámetro en PEAD y se desarrolla desde la estación de bombeo hasta el Río Chubut por la calle Cacique Nahuelpan, y calles vecinales respectivas.

Las bombas de esta estación de bombeo son tres (3) bombas centrífugas sumergibles de eje vertical tipo Grundfos S3086M2A511, una de las cuales estará en reserva.



En cada canal de ingreso se ha instalado una reja fija inclinada, para la retención de los sólidos. La remoción de los residuos acumulados en la reja se efectúa por medio de un equipo Limpiarrejas individual comandado automáticamente.

Cada vez que los sensores de nivel detectan una diferencia de nivel aguas arriba y aguas abajo de cada reja como señal de reja obstruida, se acciona el mecanismo barredor, el cual recoge en un rastrillo los residuos retenidos por los barrotes y los acarrea hacia la superficie. En el final de la carrera el rastrillo vuelca los residuos a un contenedor ubicado debajo.

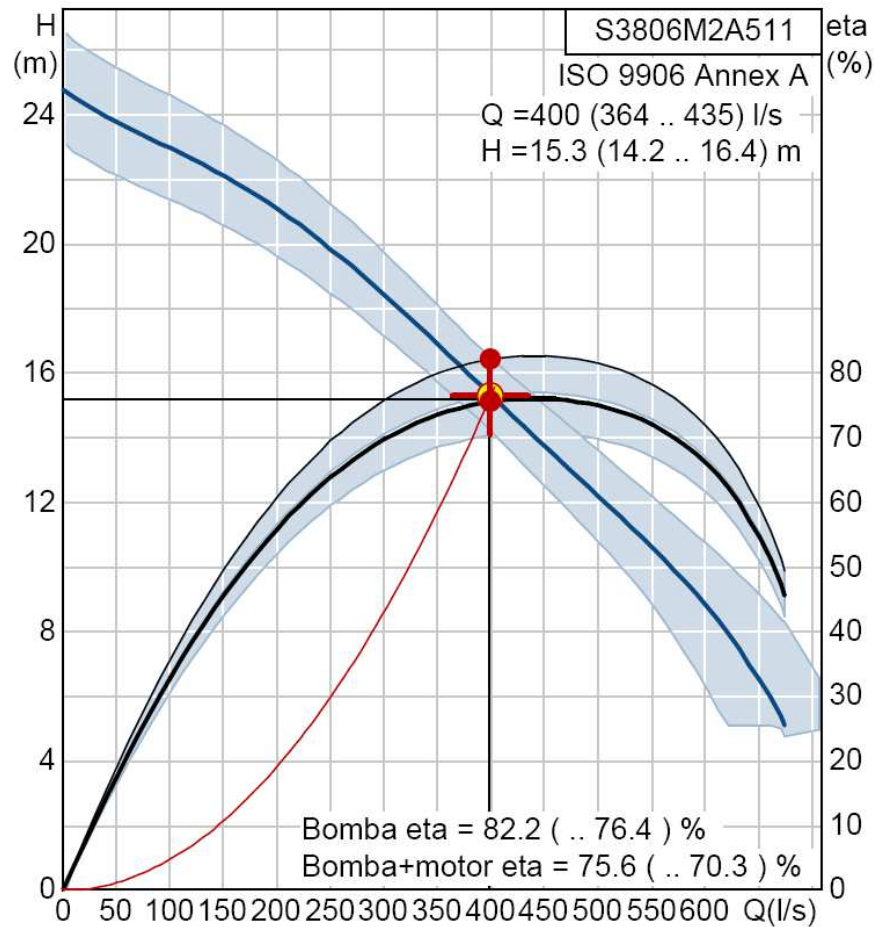
Se han colocado dos juegos de ataguías en cada uno de los canales de entrada de la EB. Estas ataguías están conformadas por módulos apilables de manera de cerrar el vano cuya sección estará dada por el ancho del canal y la altura determinada por el nivel de piso y el máximo nivel del pelo de agua en el cuenco.

Para suplir cualquier falta en el suministro de energía eléctrica de la EB se ha instalado un grupo electrógeno de potencia adecuada para arrancar en emergencia las dos bombas principales, más la operación de los equipos auxiliares: puente grúa, iluminación, tomacorrientes, etc.

### **Proyecto**

Se trata de dos (2) bombas de eje vertical tipo Grundfos S3086M2A511, instaladas en paralelo, con un caudal máximo de 650 lts/seg cada una.

A continuación se muestran las curvas de funcionamiento, extraídas de los catálogos del fabricante, de dichos equipos:



A continuación se prevé la implementación de una cámara individual a la salida de la tubería de descarga de la EB, en donde se realizará la derivación hacia la nueva impulsión (véase Plano N°8).

Se prevé que la tubería de impulsión este conformada por caños de PVC con las siguientes características:

- Diámetro nominal de caños de PVC 0,50 m
- Espesor 14,6 mm
- Diámetro interior adoptado 470,8 mm
- Rugosidad del PVC 0.0015 mm

La tubería correrá en forma paralela a la calle Cacique Nahuelpan, dentro del mismo predio del cuenco, hasta la intercepción de la misma con la calle Cadfan Hughes, en donde se



colocara una curva a 90° y la conducción proseguirá por dicha arteria y su prolongación hasta su desembocadura final en la Laguna II.

Esta traza propuesta da como resultado una conducción de 3681,75 m de largo.

Vale aclarar que la conducción propuesta se desarrolla íntegramente por terrenos pertenecientes al propio cuenco del sistema Owen, o bien dentro de la proyección vertical de la calzada, evitando la invasión de terrenos privados y, consecuentemente, la necesidad de expropiación de los mismos.

### **Verificación**

Se deberá verificar si el sistema propuesto funciona correctamente y es capaz de evacuar el volumen de líquido requerido. Para ello se plantea una variedad de caudales a escurrir, para los cuales se calcularan las pérdidas estimadas a lo largo de la conducción y se corroborara que el sistema de bombeo propuesto sea capaz de funcionar a la relación Caudal – Altura demandada.

#### Parámetros Topográficos

- Cota inicio (corresponde al nivel del equipo de bombeo): 2,50 m
- Cota fin (corresponde al nivel de descarga en la Laguna II): 6,91 m

#### Sistema de Bombeo

- Equipo: Grundfos S3086M2A511
- Cantidad: 2
- Funcionamiento: Paralelo
- Caudal Máximo: 600 lts/seg
- Altura Máxima: 24,5 m

#### Tubería de Impulsión

- Longitud de la tubería de impulsión: 3681,75 m
- Diámetro Nominal: 500 mm
- Diámetro Interno: 470,8 mm
- Material: PVC
- Coeficiente de rugosidad del material: 140
- Accesorios estimados a instalar:
  - Curva a 90°: 5
  - Válvula de retención: 2
  - Válvula exclusiva: 2
  - Te paso directo: 3

A continuación se detalla la metodología de cálculo empleada:

- (1) Caudal impulsado (Q) en m<sup>3</sup>/seg: se planteara una variedad de caudales a escurrir por la tubería de impulsión, con un incremento fijo, a fin de determinar el comportamiento del sistema para cada uno de ellos.
- (2) Perdida unitaria a lo largo de la impulsión ( $j_{imp}$ ): para este cálculo se utilizó la ecuación de Flamant (PVC):

$$j_{imp} = 0,000831 \times Q^{1,75} \times D_{int}^{-4,75}$$

$j_{imp}$ : pérdida de carga unitaria

Q: caudal [m<sup>3</sup>/seg]

$D_{int}$ : diámetro interno de la cañería [m]

- (3) Perdida de carga a lo largo de la impulsión ( $H_{imp}$ ) en m.c.a.: es la pérdida total en metros durante el escurrimiento por la tubería, se determina como:

$$H_{imp} = j_{imp} \cdot L_{imp}$$

$i_{imp}$ : pérdida de carga a lo largo de la impulsión [m.c.a.]

$j_{imp}$ : pérdida de carga unitaria

$L_{imp}$ : longitud de la impulsión [m]

- (4) Pérdida de carga unitaria por accesorios ( $j_{acc}$ ): para ello se utiliza la ecuación de Hazen - Williams:

$$j_{acc} = \frac{10,61 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D_{int}^{4,87}}$$

$j_{acc}$ : pérdida de carga unitaria por accesorios

Q: caudal [m<sup>3</sup>/seg]

$D_{int}$ : diámetro interno de la cañería [m]

C: coeficiente para PVC = 140

- (5) Pérdida de carga por accesorios ( $H_{acc}$ ) en m.c.a.: es la pérdida total en metros durante el escurrimiento por la tubería, debido a la interposición de los accesorios necesarios en la misma, se determina como:

$$H_{acc} = j_{acc} \cdot L_{eq}$$

$H_{acc}$ : pérdida total por accesorios [m]

$j_{acc}$ : pérdida de carga unitaria por accesorios

$L_{eq}$ : longitud equivalente de los accesorios colocados [m]:



Longitudes equivalentes se accesorios a colocar			
Descripción	L expresada en D ( Nro. de D )	Cantidad	Longitud
			[m]
Curva a 90°	45	5	105.93
V Retención	100	2	94.16
V esclusa	8	2	7.5328
Te paso directo	20	3	28.248
<b>TOTAL</b>			<b>235.8708</b>

- (6) Desnivel topográfico ( $H_g$ ) en metros: diferencia entre la cota de inicio de la impulsión y la cota final de descarga:

$$H_g = H_F - H_I$$

$H_g$ : desnivel topográfico [m]

$H_F$ : cota de descarga final de la tubería de impulsión [m]

$H_I$ : cota de inicio de la impulsión [m]

- (7) Altura Total ( $H_{Total}$ ) en metros: desnivel total a saltar por la impulsión, considerando tanto desnivel topográfico como pérdidas

$$H_{Total} = H_{imp} + H_{acc} + H_{Total}$$

$H_{Total}$ : altura total [m]

$H_{imp}$ : pérdida de carga a lo largo de la impulsión [m.c.a.]

$H_{acc}$ : pérdida total por accesorios [m]

$H_g$ : desnivel topográfico [m]

Con las expresiones planteadas se realizó el siguiente análisis:

Q	j <sub>imp</sub>	H <sub>imp</sub>	j <sub>acc</sub>	H <sub>acc</sub>	H <sub>g</sub>	H <sub>Total</sub>
[m <sup>3</sup> /seg]		[mca]		[mca]		
0	0.000	0.00	0.000	0.00	7.82	7.82
0.05	0.000	0.58	0.000	0.04		8.44
0.1	0.001	1.95	0.001	0.15		9.92
0.15	0.001	3.96	0.001	0.31		12.10
0.2	0.002	6.55	0.002	0.53		14.91
0.25	0.003	9.68	0.003	0.81		18.31
0.3	0.004	13.32	0.005	1.13		22.28
0.35	0.005	17.45	0.006	1.51		26.78
0.4	0.006	22.04	0.008	1.93		31.79
0.45	0.007	27.09	0.010	2.40		37.31
0.5	0.009	32.57	0.012	2.91		43.31
0.55	0.010	38.49	0.015	3.48		49.78
0.6	0.012	44.82	0.017	4.08		56.72
0.65	0.014	51.56	0.020	4.73		64.11

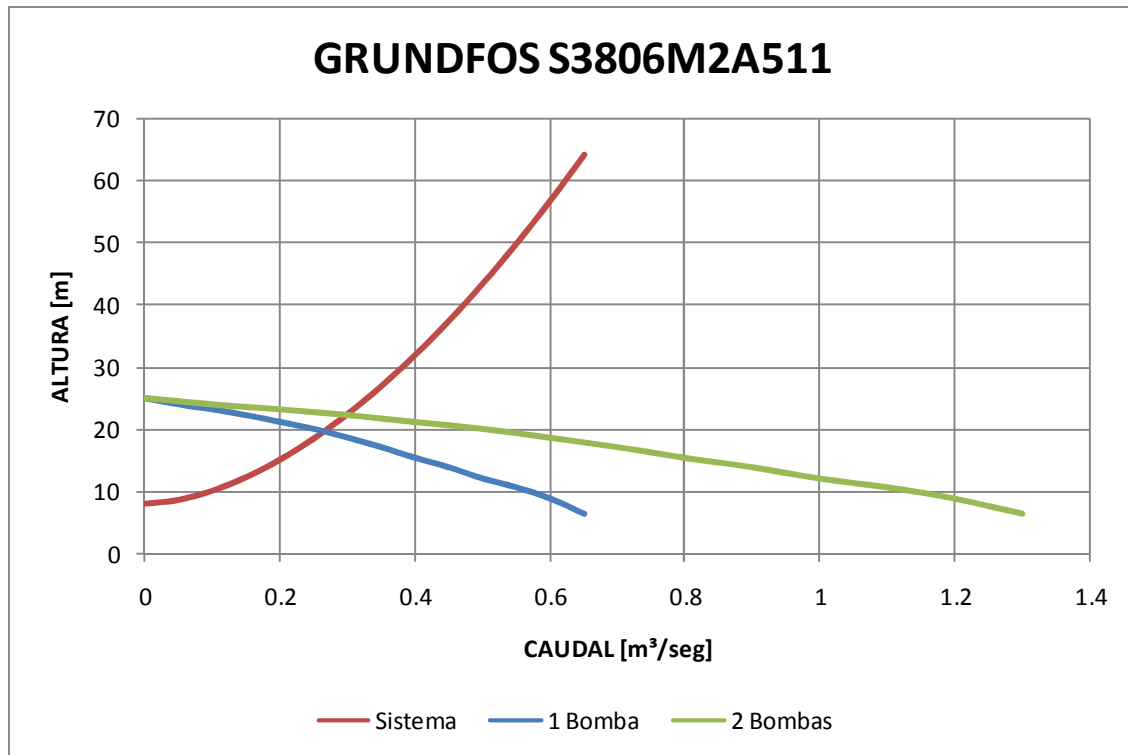
*Tabla II: Análisis de caudales y pérdidas para la conducción del Sistema Owen*

Realizado dicho análisis se procedió a comparar la curva resultante del sistema para los distintos caudales con la curva de funcionamiento de la bomba a utilizar, a fin de establecer, si existe, el punto de intersección entre ambas.

Utilizando la curva proporcionada por el fabricante se procedió a simular dos funcionamientos distintos:

- A) Con un solo equipo de bombeo funcionando.
- B) Con ambos equipos funcionando en paralelo

El resultado se exhibe en el siguiente grafico:



Como puede observarse las curvas de los dos funcionamientos planteados interceptan a la curva de funcionamiento del sistema, por lo tanto ambas configuraciones son compatibles con los requerimientos del mismo.

Los puntos de intercepción para cada caso son:

A) 1 Bomba funcionando

- Caudal: 0,264 m<sup>3</sup>/seg
- Altura: 19,36 m

B) 2 Bombas funcionando en paralelo

- Caudal: 0,297 m<sup>3</sup>/seg
- Altura: 22,06 m

Finalmente debe estimarse el tiempo de vaciado del cuenco para ambos funcionamientos.

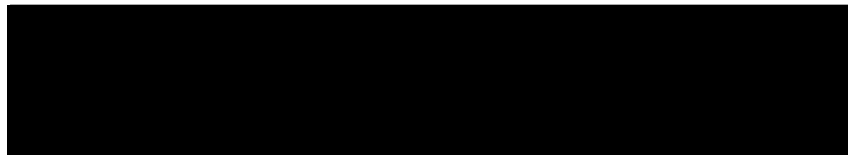
Para ello se consideraron las siguientes hipótesis:

- El cuenco se encuentra lleno a su máxima capacidad de almacenaje.
- Se considera lleno el conducto principal del Sistema Owen hasta la intersección del mismo con la calle Eva Perón, esto comprende un tramo de 1050 m (aprox.) entre las calles Eva Perón y Cacique Nahuelpan, conformado por un canal trapecial de 3,50 m de ancho de solera, 1,6 m de alto y taludes 1:1, sumado al tramo final desde la anterior intercepción hasta la desembocadura en el cuenco, que consiste en un canal rectangular de 50 m (aprox.) de largo, con dimensiones de 3,50 m de base por 1,60 m de alto. El volumen total resultante se observa a continuación:

<b>OWEN</b>			
<b>CONDUCCION</b>			
<b>TRAMO I</b>	<b>Longitud</b>	1050	m
	<b>Ancho Solera</b>	3.5	m
	<b>Alto</b>	1.6	m
	<b>Talud</b>	1	:1 m/m
	<b>Volumen</b>	8568	m <sup>3</sup>
<b>TRAMO II</b>	<b>Longitud</b>	50	m
	<b>Ancho</b>	3.5	m
	<b>Alto</b>	1.6	m
	<b>Volumen</b>	280	m <sup>3</sup>
<b>CUENCO</b>			
<b>VOLUMEN NOMINAL</b>		227422	m <sup>3</sup>
<b>VOLUMEN TOTAL</b>		236270	m <sup>3</sup>

- No se producen aportes a los cuencos durante el proceso.

Los resultados de la simulación de vaciado del cuenco se muestran a continuación:



## Golpe de Ariete

Celeridad o velocidad de las ondas elásticas en la tubería de impulsión (c):

$$c = \frac{\left( Ea \cdot g / \mu \right)^{0,5}}{\left( 1 + \frac{D}{e} \cdot \frac{Et}{Ea} \right)^{0,5}}$$

Aceleración de la gravedad (g): 981 cm/seg<sup>2</sup>

Masa específica del agua ( $\mu$ ): 0,001 kg/cm<sup>3</sup>

Módulo de elasticidad del agua (Ea): 19800 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad del PVC (Et): 30000 kg/cm<sup>2</sup>

Diámetro exterior de la tubería (De): 500 mm

Diámetro interior de la tubería (Di): 470,8 mm

Espesor de las paredes (e): 14,6 mm

$$c = 19163,97 \text{ cm/seg} = 191,64 \text{ m/seg}$$

Tiempo de Reflexión de la Onda de Sobrepresión (Tr):

$$Tr = \frac{2 \cdot L_{imp}}{c} = \frac{2 \cdot 3681,75m}{191,64 \text{ m/seg}} = 38,42 \text{ seg}$$

Tiempo de Parada del Bombeo por Corte de Energía (Tp):



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
Obra: **PLUVIAL TRELEW – DESVINCULACIÓN DE LOS CUENCOS RECEPTORES DE LÍQUIDOS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE TRELEW**  
Ubicación: Ejidos de Trelew y Rawson

---

$$T_p = C + \frac{K \times V \times L_{imp}}{g \times H_g}$$

$$V = \frac{Q \times 4}{\pi \times (D_e - e)^2}$$

C: 1

K: 2

Q (2 Bombas): 297,40 lts/seg

V: 1,61 m/seg

$T_p$ : 155,26 seg

Calculo de la sobrepresión ( $H_a$ ):

Como el tiempo de parada o de maniobra ( $T_p$ ) es mayor que el tiempo de reflexión de la onda de sobrepresión ( $T_r$ ) (tiempo que tarda la onda elástica en recorrer dos veces la tubería) el cierre es lento y para calcular las sobrepresiones debe utilizarse la ecuación de Michaud.

$$H_a = \frac{2 \cdot L \cdot V}{g \cdot T_p}$$

$$H_t = H_g + H_a$$

Sobrepresión ( $H_a$ ): 7,77 m



Presión para  $Q = 0$  (Hg): 7,82 m

Presión Total (Ht): 15,59 m.c.a.

Mínimamente deberá utilizarse una tubería Clase 2 (soporta 20 kg/cm<sup>2</sup>), aunque igualmente se recomienda, por cuestiones de seguridad, utilizar Clase 4 o superior.

### **Modelo del Sistema**

Ya se ha comprobado el funcionamiento de cada uno de los sistemas por separado, así como el tiempo de vaciado de cada uno de los cuencos.

Resta solo analizar el comportamiento del sistema en su conjunto, esto es: partiendo de ambos cuencos llenos, el Sistema Musters comienza a evacuar líquido hacia el Sistema Owen, al mismo tiempo que este último empieza a derivar su reserva hacia el sistema lagunar.

De esta forma se podrá comprobar el tiempo de vaciado de ambos cuencos así como el tiempo de operación necesario en cada caso.

Para dicha simulación se partirá con las siguientes consideraciones:

- Ambos cuencos, tanto el del Sistema Musters, como el del Sistema Owen, se encuentran al tope de su capacidad sumado a los tramos de conducción tal cual se considero en los cálculos de tiempo de vaciado anteriormente especificados.
- No se producen aportes pluviales durante el funcionamiento del sistema.
- Ambos sistemas están funcionando con las dos (2) bombas posibles, es decir al máximo de su capacidad de erogación.
- El volumen erogado por el Sistema Musters sufre un retraso de diez (10) horas hasta llegar al cuenco del Sistema Owen.

Los resultados se exhiben en la siguiente tabla:





**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**  
**Obra: PLUVIAL TRELEW - DESVINCULACIÓN DE LOS CUENCOS RECEPTORES DE**  
**LÍQUIDOS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE TRELEW**  
**Ubicación: Ejidos de Trelew y Rawson**

TIEMPO			MUSTERS			OWEN				
DIAS	HORAS	HS TOTALES	VOLUMEN			VOLUMEN				
			REMANENTE	EVACUADO	ACUMULADO	REMANENTE	ENTRANTE	SALIENTE	NETO	ACUMULADO
0	0	0	92475.0	0.0	0.0	236270.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	2	2	90855.0	1620.0	1620.0	236270.0	0.0	2138.4	-2138.4	2138.4
	4	4	89235.0	1620.0	3240.0	234131.6	0.0	2138.4	-2138.4	4276.8
	6	6	87615.0	1620.0	4860.0	231993.2	0.0	2138.4	-2138.4	6415.2
	8	8	85995.0	1620.0	6480.0	229854.8	0.0	2138.4	-2138.4	8553.6
	10	10	84375.0	1620.0	8100.0	227716.4	1620.0	2138.4	-518.4	10692.0
	12	12	82755.0	1620.0	9720.0	227198.0	1620.0	2138.4	-518.4	12830.4
	14	14	81135.0	1620.0	11340.0	226679.6	1620.0	2138.4	-518.4	14968.8
	16	16	79515.0	1620.0	12960.0	226161.2	1620.0	2138.4	-518.4	17107.2
	18	18	77895.0	1620.0	14580.0	225642.8	1620.0	2138.4	-518.4	19245.6
	20	20	76275.0	1620.0	16200.0	225124.4	1620.0	2138.4	-518.4	21384.0
	22	22	74655.0	1620.0	17820.0	224606.0	1620.0	2138.4	-518.4	23522.4
2	0	24	73035.0	1620.0	19440.0	224087.6	1620.0	2138.4	-518.4	25660.8
	2	26	71415.0	1620.0	21060.0	223569.2	1620.0	2138.4	-518.4	27799.2
	4	28	69795.0	1620.0	22680.0	223050.8	1620.0	2138.4	-518.4	29937.6
	6	30	68175.0	1620.0	24300.0	222532.4	1620.0	2138.4	-518.4	32076.0
	8	32	66555.0	1620.0	25920.0	222014.0	1620.0	2138.4	-518.4	34214.4
	10	34	64935.0	1620.0	27540.0	221495.6	1620.0	2138.4	-518.4	36352.8
	12	36	63315.0	1620.0	29160.0	220977.2	1620.0	2138.4	-518.4	38491.2
	14	38	61695.0	1620.0	30780.0	220458.8	1620.0	2138.4	-518.4	40629.6
	16	40	60075.0	1620.0	32400.0	219940.4	1620.0	2138.4	-518.4	42768.0
	18	42	58455.0	1620.0	34020.0	219422.0	1620.0	2138.4	-518.4	44906.4
	20	44	56835.0	1620.0	35640.0	218903.6	1620.0	2138.4	-518.4	47044.8
3	22	46	55215.0	1620.0	37260.0	218385.2	1620.0	2138.4	-518.4	49183.2
	0	48	53595.0	1620.0	38880.0	217866.8	1620.0	2138.4	-518.4	51321.6
	2	50	51975.0	1620.0	40500.0	217348.4	1620.0	2138.4	-518.4	53460.0
	4	52	50355.0	1620.0	42120.0	216830.0	1620.0	2138.4	-518.4	55598.4
	6	54	48735.0	1620.0	43740.0	216311.6	1620.0	2138.4	-518.4	57736.8
	8	56	47115.0	1620.0	45360.0	215793.2	1620.0	2138.4	-518.4	59875.2
	10	58	45495.0	1620.0	46980.0	215274.8	1620.0	2138.4	-518.4	62013.6
	12	60	43875.0	1620.0	48600.0	214756.4	1620.0	2138.4	-518.4	64152.0
	14	62	42255.0	1620.0	50220.0	214238.0	1620.0	2138.4	-518.4	66290.4
	16	64	40635.0	1620.0	51840.0	213719.6	1620.0	2138.4	-518.4	68428.8
	18	66	39015.0	1620.0	53460.0	213201.2	1620.0	2138.4	-518.4	70567.2
4	20	68	37395.0	1620.0	55080.0	212682.8	1620.0	2138.4	-518.4	72705.6
	22	70	35775.0	1620.0	56700.0	212164.4	1620.0	2138.4	-518.4	74844.0
	0	72	34155.0	1620.0	58320.0	211646.0	1620.0	2138.4	-518.4	76982.4
	2	74	32535.0	1620.0	59940.0	211127.6	1620.0	2138.4	-518.4	79120.8
	4	76	30915.0	1620.0	61560.0	210609.2	1620.0	2138.4	-518.4	81259.2
	6	78	29295.0	1620.0	63180.0	210090.8	1620.0	2138.4	-518.4	83397.6
	8	80	27675.0	1620.0	64800.0	209572.4	1620.0	2138.4	-518.4	85536.0
	10	82	26055.0	1620.0	66420.0	209054.0	1620.0	2138.4	-518.4	87674.4
	12	84	24435.0	1620.0	68040.0	208535.6	1620.0	2138.4	-518.4	89812.8
	14	86	22815.0	1620.0	69660.0	208017.2	1620.0	2138.4	-518.4	91951.2
	16	88	21195.0	1620.0	71280.0	207498.8	1620.0	2138.4	-518.4	94089.6
5	18	90	19575.0	1620.0	72900.0	206980.4	1620.0	2138.4	-518.4	96228.0
	20	92	17955.0	1620.0	74520.0	206462.0	1620.0	2138.4	-518.4	98366.4
	22	94	16335.0	1620.0	76140.0	205943.6	1620.0	2138.4	-518.4	100504.8
	0	96	14715.0	1620.0	77760.0	205425.2	1620.0	2138.4	-518.4	102643.2
	2	98	13095.0	1620.0	79380.0	204906.8	1620.0	2138.4	-518.4	104781.6
	4	100	11475.0	1620.0	81000.0	204388.4	1620.0	2138.4	-518.4	106920.0
	6	102	9855.0	1620.0	82620.0	203870.0	1620.0	2138.4	-518.4	109058.4
	8	104	8235.0	1620.0	84240.0	203351.6	1620.0	2138.4	-518.4	111196.8
	10	106	6615.0	1620.0	85860.0	202833.2	1620.0	2138.4	-518.4	113335.2
	12	108	4995.0	1620.0	87480.0	202314.8	1620.0	2138.4	-518.4	115473.6
	14	110	3375.0	1620.0	89100.0	201796.4	1620.0	2138.4	-518.4	117612.0
5	16	112	1755.0	1620.0	90720.0	201278.0	1620.0	2138.4	-518.4	119750.4
	18	114	135.0	1620.0	92340.0	200759.6	1620.0	2138.4	-518.4	121888.8
	20	116	0.0	0.0	92475.0	200241.2	1620.0	2138.4	-518.4	124027.2
	22	118	0.0	0.0	92475.0	199722.8	1620.0	2138.4	-518.4	126165.6



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**  
**Obra: PLUVIAL TRELEW - DESVINCULACIÓN DE LOS CUENCOS RECEPTORES DE**  
**LÍQUIDOS PLUVIALES DE LA CIUDAD DE TRELEW**  
Ubicación: Ejidos de Trelew y Rawson

TIEMPO			MUSTERS VOLUMEN			OWEN VOLUMEN				
DIAS	HORAS	HS TOTALES	REMANENTE	EVACUADO	ACUMULADO	REMANENTE	ENTRANTE	SALIENTE	NETO	ACUMULADO
6	2	122	0.0	0.0	92475.0	198686.0	1620.0	2138.4	-518.4	130442.4
	4	124	0.0	0.0	92475.0	198167.6	1620.0	2138.4	-518.4	132580.8
	6	126	0.0	0.0	92475.0	197649.2	0.0	2138.4	-2138.4	134719.2
	8	128	0.0	0.0	92475.0	195510.8	0.0	2138.4	-2138.4	136857.6
	10	130	0.0	0.0	92475.0	193372.4	0.0	2138.4	-2138.4	138996.0
	12	132	0.0	0.0	92475.0	191234.0	0.0	2138.4	-2138.4	141134.4
	14	134	0.0	0.0	92475.0	189095.6	0.0	2138.4	-2138.4	143272.8
	16	136	0.0	0.0	92475.0	186957.2	0.0	2138.4	-2138.4	145411.2
	18	138	0.0	0.0	92475.0	184818.8	0.0	2138.4	-2138.4	147549.6
	20	140	0.0	0.0	92475.0	182680.4	0.0	2138.4	-2138.4	149688.0
	22	142	0.0	0.0	92475.0	180542.0	0.0	2138.4	-2138.4	151826.4
0	144	0.0	0.0	92475.0	178403.6	0.0	2138.4	-2138.4	153964.8	
7	2	146	0.0	0.0	92475.0	176265.2	0.0	2138.4	-2138.4	156103.2
	4	148	0.0	0.0	92475.0	174126.8	0.0	2138.4	-2138.4	158241.6
	6	150	0.0	0.0	92475.0	171988.4	0.0	2138.4	-2138.4	160380.0
	8	152	0.0	0.0	92475.0	169850.0	0.0	2138.4	-2138.4	162518.4
	10	154	0.0	0.0	92475.0	167711.6	0.0	2138.4	-2138.4	164656.8
	12	156	0.0	0.0	92475.0	165573.2	0.0	2138.4	-2138.4	166795.2
	14	158	0.0	0.0	92475.0	163434.8	0.0	2138.4	-2138.4	168933.6
	16	160	0.0	0.0	92475.0	161296.4	0.0	2138.4	-2138.4	171072.0
	18	162	0.0	0.0	92475.0	159158.0	0.0	2138.4	-2138.4	173210.4
	20	164	0.0	0.0	92475.0	157019.6	0.0	2138.4	-2138.4	175348.8
	22	166	0.0	0.0	92475.0	154881.2	0.0	2138.4	-2138.4	177487.2
0	168	0.0	0.0	92475.0	152742.8	0.0	2138.4	-2138.4	179625.6	
8	2	170	0.0	0.0	92475.0	150604.4	0.0	2138.4	-2138.4	181764.0
	4	172	0.0	0.0	92475.0	148466.0	0.0	2138.4	-2138.4	183902.4
	6	174	0.0	0.0	92475.0	146327.6	0.0	2138.4	-2138.4	186040.8
	8	176	0.0	0.0	92475.0	144189.2	0.0	2138.4	-2138.4	188179.2
	10	178	0.0	0.0	92475.0	142050.8	0.0	2138.4	-2138.4	190317.6
	12	180	0.0	0.0	92475.0	139912.4	0.0	2138.4	-2138.4	192456.0
	14	182	0.0	0.0	92475.0	137774.0	0.0	2138.4	-2138.4	194594.4
	16	184	0.0	0.0	92475.0	135635.6	0.0	2138.4	-2138.4	196732.8
	18	186	0.0	0.0	92475.0	133497.2	0.0	2138.4	-2138.4	198871.2
	20	188	0.0	0.0	92475.0	131358.8	0.0	2138.4	-2138.4	201009.6
	22	190	0.0	0.0	92475.0	129220.4	0.0	2138.4	-2138.4	203148.0
0	192	0.0	0.0	92475.0	127082.0	0.0	2138.4	-2138.4	205286.4	
9	2	194	0.0	0.0	92475.0	124943.6	0.0	2138.4	-2138.4	207424.8
	4	196	0.0	0.0	92475.0	122805.2	0.0	2138.4	-2138.4	209563.2
	6	198	0.0	0.0	92475.0	120666.8	0.0	2138.4	-2138.4	211701.6
	8	200	0.0	0.0	92475.0	118528.4	0.0	2138.4	-2138.4	213840.0
	10	202	0.0	0.0	92475.0	116390.0	0.0	2138.4	-2138.4	215978.4
	12	204	0.0	0.0	92475.0	114251.6	0.0	2138.4	-2138.4	218116.8
	14	206	0.0	0.0	92475.0	112113.2	0.0	2138.4	-2138.4	220255.2
	16	208	0.0	0.0	92475.0	109974.8	0.0	2138.4	-2138.4	222393.6
	18	210	0.0	0.0	92475.0	107836.4	0.0	2138.4	-2138.4	224532.0
	20	212	0.0	0.0	92475.0	105698.0	0.0	2138.4	-2138.4	226670.4
	22	214	0.0	0.0	92475.0	103559.6	0.0	2138.4	-2138.4	228808.8
0	216	0.0	0.0	92475.0	101421.2	0.0	2138.4	-2138.4	230947.2	
10	2	218	0.0	0.0	92475.0	99282.8	0.0	2138.4	-2138.4	233085.6
	4	220	0.0	0.0	92475.0	97144.4	0.0	2138.4	-2138.4	235224.0
	6	222	0.0	0.0	92475.0	95006.0	0.0	2138.4	-2138.4	237362.4
	8	224	0.0	0.0	92475.0	92867.6	0.0	2138.4	-2138.4	239500.8
	10	226	0.0	0.0	92475.0	90729.2	0.0	2138.4	-2138.4	241639.2
	12	228	0.0	0.0	92475.0	88590.8	0.0	2138.4	-2138.4	243777.6
	14	230	0.0	0.0	92475.0	86452.4	0.0	2138.4	-2138.4	245916.0
	16	232	0.0	0.0	92475.0	84314.0	0.0	2138.4	-2138.4	248054.4
	18	234	0.0	0.0	92475.0	82175.6	0.0	2138.4	-2138.4	250192.8
	20	236	0.0	0.0	92475.0	80037.2	0.0	2138.4	-2138.4	252331.2
	22	238	0.0	0.0	92475.0	77898.8	0.0	2138.4	-2138.4	254469.6
0	240	0.0	0.0	92475.0	75760.4	0.0	2138.4	-2138.4	256608.0	

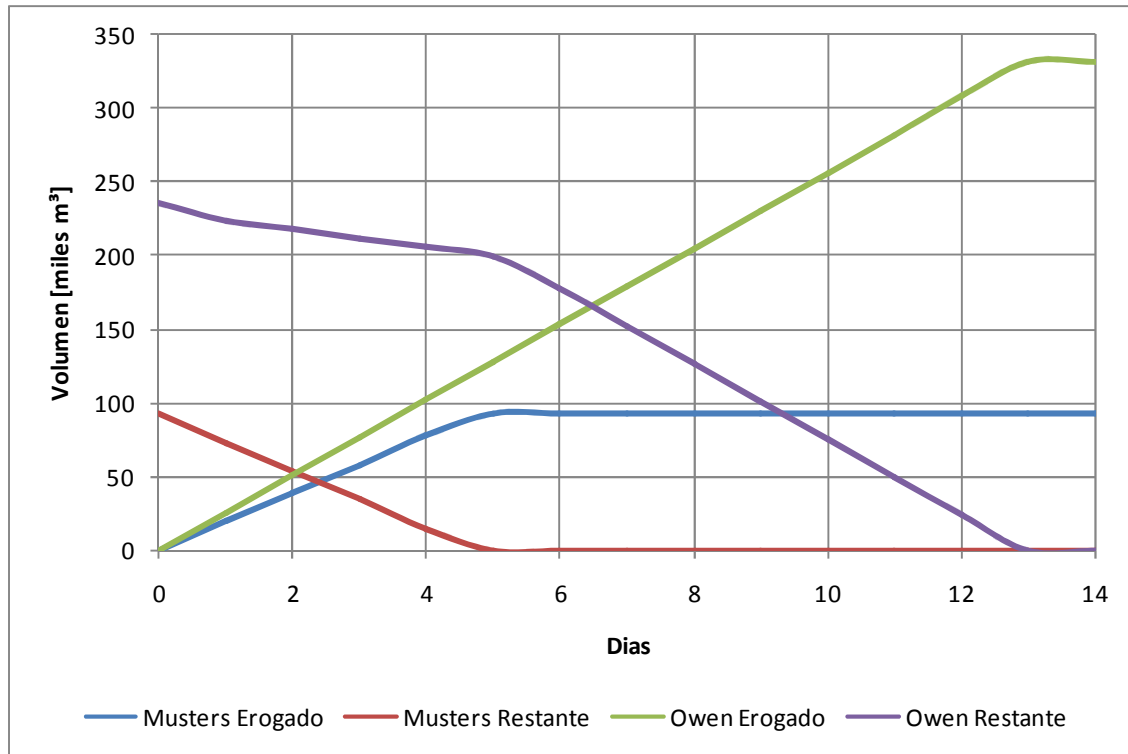


TIEMPO			MUSTERS VOLUMEN			OWEN VOLUMEN				
DIAS	HORAS	HS TOTALES	REMANENTE	EVACUADO	ACUMULADO	REMANENTE	ENTRANTE	SALIENTE	NETO	ACUMULADO
11	2	242	0.0	0.0	92475.0	73622.0	0.0	2138.4	-2138.4	258746.4
	4	244	0.0	0.0	92475.0	71483.6	0.0	2138.4	-2138.4	260884.8
	6	246	0.0	0.0	92475.0	69345.2	0.0	2138.4	-2138.4	263023.2
	8	248	0.0	0.0	92475.0	67206.8	0.0	2138.4	-2138.4	265161.6
	10	250	0.0	0.0	92475.0	65068.4	0.0	2138.4	-2138.4	267300.0
	12	252	0.0	0.0	92475.0	62930.0	0.0	2138.4	-2138.4	269438.4
	14	254	0.0	0.0	92475.0	60791.6	0.0	2138.4	-2138.4	271576.8
	16	256	0.0	0.0	92475.0	58653.2	0.0	2138.4	-2138.4	273715.2
	18	258	0.0	0.0	92475.0	56514.8	0.0	2138.4	-2138.4	275853.6
	20	260	0.0	0.0	92475.0	54376.4	0.0	2138.4	-2138.4	277992.0
	22	262	0.0	0.0	92475.0	52238.0	0.0	2138.4	-2138.4	280130.4
0	264	0.0	0.0	92475.0	50099.6	0.0	2138.4	-2138.4	282268.8	
12	2	266	0.0	0.0	92475.0	47961.2	0.0	2138.4	-2138.4	284407.2
	4	268	0.0	0.0	92475.0	45822.8	0.0	2138.4	-2138.4	286545.6
	6	270	0.0	0.0	92475.0	43684.4	0.0	2138.4	-2138.4	288684.0
	8	272	0.0	0.0	92475.0	41546.0	0.0	2138.4	-2138.4	290822.4
	10	274	0.0	0.0	92475.0	39407.6	0.0	2138.4	-2138.4	292960.8
	12	276	0.0	0.0	92475.0	37269.2	0.0	2138.4	-2138.4	295099.2
	14	278	0.0	0.0	92475.0	35130.8	0.0	2138.4	-2138.4	297237.6
	16	280	0.0	0.0	92475.0	32992.4	0.0	2138.4	-2138.4	299376.0
	18	282	0.0	0.0	92475.0	30854.0	0.0	2138.4	-2138.4	301514.4
	20	284	0.0	0.0	92475.0	28715.6	0.0	2138.4	-2138.4	303652.8
	22	286	0.0	0.0	92475.0	26577.2	0.0	2138.4	-2138.4	305791.2
0	288	0.0	0.0	92475.0	24438.8	0.0	2138.4	-2138.4	307929.6	
13	2	290	0.0	0.0	92475.0	22300.4	0.0	2138.4	-2138.4	310068.0
	4	292	0.0	0.0	92475.0	20162.0	0.0	2138.4	-2138.4	312206.4
	6	294	0.0	0.0	92475.0	18023.6	0.0	2138.4	-2138.4	314344.8
	8	296	0.0	0.0	92475.0	15885.2	0.0	2138.4	-2138.4	316483.2
	10	298	0.0	0.0	92475.0	13746.8	0.0	2138.4	-2138.4	318621.6
	12	300	0.0	0.0	92475.0	11608.4	0.0	2138.4	-2138.4	320760.0
	14	302	0.0	0.0	92475.0	9470.0	0.0	2138.4	-2138.4	322898.4
	16	304	0.0	0.0	92475.0	7331.6	0.0	2138.4	-2138.4	325036.8
	18	306	0.0	0.0	92475.0	5193.2	0.0	2138.4	-2138.4	327175.2
	20	308	0.0	0.0	92475.0	3054.8	0.0	2138.4	-2138.4	329313.6
	22	310	0.0	0.0	92475.0	916.4	0.0	2138.4	-2138.4	331452.0
0	312	0.0	0.0	92475.0	0.0	0.0	0.0	0.0	331452.0	

De la modelación realizada es posible extraer las siguientes conclusiones:

- El cuenco del Sistema Musters, para las condiciones planteadas, se vacía completamente en poco menos de cinco (5) días y medio, concretamente en 114 hs.
- El Sistema Owen eroga más caudal de aquel que recibe desde el Sistema Musters, por lo que el volumen del mismo seguirá descendiendo, aunque lógicamente a un ritmo menor, en esa instancia.
- El sistema completo Musters – Owen, para las condiciones planteadas, se vacía completamente en poco más de dieciséis (13) días, exactamente en 310 hs.

Los resultados del modelo quedan reflejados de manera clara en el siguiente grafico:



## Excavaciones

A fin de conocer los volúmenes de excavación a ser realizados para la materialización de la construcción del acueducto se ha efectuado el cálculo de los mismos asumiendo las siguientes hipótesis de instalación.

- El ancho de zanja fue fijado en un (1) metros en función de las recomendaciones de instalación de caños de PVC, asumiendo una colocación estandar en la que la separación entre el lateral del caño y la pared vertical de la excavación debe ser mayor a:

$$\frac{0,75 \cdot D_n}{2}$$



- Se ha considerado que el caño debe ir asentado sobre una cama de arena de 15 cm. En función de lo expuesto, la profundidad de la zanja surge de considerar lo siguiente:

$$\text{Prof. de Zanja} = (\text{Cota de Terreno} - \text{Cota de Intrados}) + \text{DN} + \text{Espesor} + 0.150 \text{ m}$$

### **Verificación Estructural del Conducto Propuesto.**

La conducción de PVC propuesta ha sido verificada a las solicitaciones internas y externas, considerándose distintas situaciones típicas y desfavorables en todos los tramos y diámetros de la conducción analizados.

El cálculo estructural, implica un diseño de zanja acorde con el material de excavación y relleno.

El tipo de instalación adecuada para los caños de PVC varía en función de la rigidez del tubo, la profundidad de instalación, las características del suelo natural y el material de relleno disponible.

El material nativo debe confinar la zona de relleno de forma que proporcione a la tubería el soporte que necesita.

### **Obras de Derivación para Evacuación de Aire**

En coincidencia con los puntos altos de la conducción, se dispondrá de una cámara de válvulas de aire (Véase Plano N°10) que cumplirá las siguientes funciones:

- a) Permitir la salida de aire durante el llenado de la tubería.
- b) Permitir el ingreso de aire durante el vaciado de la tubería.
- c) Permitir la salida de pequeños volúmenes de aire durante el funcionamiento de la conducción.

En los planos de Planialtimetría del acueducto presentados se indica la posición de las válvulas de aire.

El cálculo estructural de las cámaras prevé que las mismas actúen como anclajes de la cañería frente a los esfuerzos no compensados para la condición de válvula cerrada, equilibrando dichos esfuerzos mediante el empuje pasivo del suelo, con un coeficiente de



seguridad igual a 2, y considerando además el rozamiento del fondo tomando un coeficiente de seguridad igual a 1.5.

### **Obras de Derivación para Desagüe del Conducto**

En coincidencia con los puntos bajos de la conducción, se dispondrá de una cámara de desagüe y limpieza del conducto (Véase Plano N°10).

En los planos de Planialtimetría del acueducto presentados se indica la posición de las válvulas citadas.

Al igual que lo explicado previamente, el cálculo estructural de las cámaras prevé que las mismas actúen como anclajes de la cañería frente a los esfuerzos no compensados para la condición de válvula cerrada, equilibrando dichos esfuerzos mediante el empuje pasivo del suelo, con un coeficiente de seguridad igual a 2, y considerando además el rozamiento del fondo tomando un coeficiente de seguridad igual a 1.5.

### **Cámaras Especiales en el Tramo 2**

A la salida de la estación de bombeo del Pluvial Owen es necesario efectuar la derivación hacia la impulsión Cambrin (véase Plano N°8).

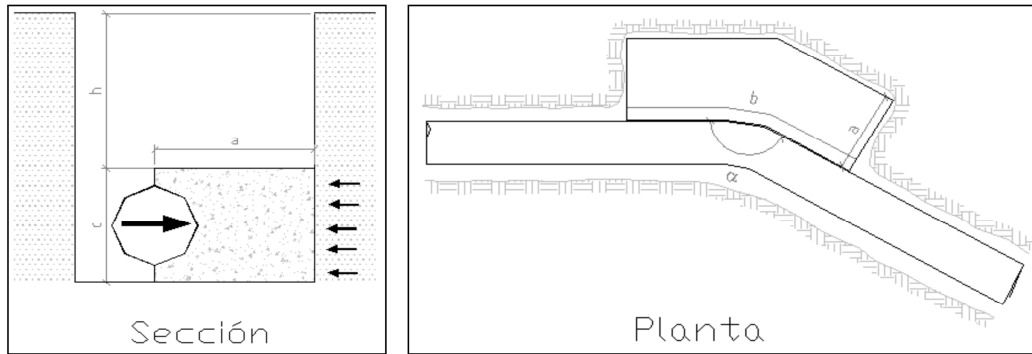
Se han dejado planteadas las piezas especiales a ser construidas, para materializar dicha derivación.

Las piezas especiales se alojarán en una cámara de hormigón armado de 5.00 m x 3,60 m, donde quedan al resguardo las válvulas mariposas tipo Wafer de control frente a reparaciones o necesidad de conducir el agua por uno u otro acueducto.

### **Anclajes**

Debido a las fuerzas derivadas de la Cantidad de movimiento y pruebas hidráulicas, en puntos singulares tales como curvas, desvíos, reducciones, ramales, acometidas etc, es necesaria la inclusión de anclajes constituidos en el caso de las curvas por macizos de

hormigón y en el caso de las otras singularidades por bloques incluidos en las cámaras respectivas.



Los bloques de anclaje deben ser dimensionados para que tomen los esfuerzos calculados con la presión de prueba hidráulica, siendo equilibrados mediante la reacción del suelo por empuje pasivo, tomando un coeficiente de seguridad igual a dos (2), y por el rozamiento del macizo con el terreno considerando un coeficiente de seguridad de 1.5.

### **CANAL DE DRENAJE PLUVIAL LAGUNA IV – LAGUNA VI**

El canal a construir, denominado Canal IV-VI, tendrá poco más de 3.700 metros de longitud aproximada, y se hallará totalmente excavado en los suelos naturales existentes a lo largo del trazado. Su trazado será en gran parte del recorrido paralelo al terraplén perimetral norte de la Laguna IV, denominado CRER NORTE, previendo una distancia mínima entre ejes de ambas obras de 15 metros.

La embocadura en la Laguna V se materializará con la solera a cota 5,00 m, y tendrá una pendiente uniforme de 0,04 %, resultante de un desnivel aproximado de 1,50 m a lo largo de su recorrido.

La solera del canal tendrá 8 m a lo largo de los primeros 1.700 m en que su función es de tipo preventivo y prácticamente no recibe aportes laterales de la barda norte.

En el último tramo, de unos 2000 metros de longitud, el canal se ensancha para alcanzar una solera de 15 m de ancho y coleccionar los aportes del cañadón, ubicado al norte del canal y que descarga al mismo procedente de la terraza intermedia.

En todos los casos se ha previsto una sección trapezoidal que tendrá los taludes con una inclinación 1H:1V, con un coeficiente de rugosidad estimado en 0,033.

El dimensionamiento del canal tiene por objeto brindar un margen de seguridad al sistema de drenaje pluvial para evitar el ingreso de aportes a la Laguna IV.

En el primer tramo solo se prevé la eventualidad de ocurrencia de pequeños excedentes desde la Laguna V, mientras que en el segundo tramo se incorporan los caudales surgidos del estudio hidrológico de la subcuenca correspondiente, todos ellos a ser derivados hacia la Laguna VI (El Salitral).

Finalmente, se prevé el empalme del canal con el proveniente de la Laguna IV, dicho empalme se materializara a través de una estructura tipo partidor de hormigón armado.

Las siguientes tablas presentan las características hidráulicas del escurrimiento en los tramos de canal indicados, bajo la hipótesis simplificada de considerar una pendiente uniforme a lo largo de los dos tramos, como si el aporte de la última subcuenca se sumara con la misma cota de la superficie que presenta el Tramo I.

Tirante h [m]	Ancho Sup. B [m]	Area A [m <sup>2</sup> ]	Per. Mojado P [m]	Radio Hid. Rh [m]	Vel. Media U [m/s]	Caudal Q [m <sup>3</sup> /s]	Nº Froude F -	Energía Ppica H [m]
0.05	8.10	0.40	8.14	0.05	0.079	0.03	0.11	0.05
0.10	8.20	0.81	8.28	0.10	0.125	0.10	0.13	0.10
0.20	8.40	1.64	8.57	0.19	0.195	0.32	0.14	0.20
0.30	8.60	2.49	8.85	0.28	0.252	0.63	0.15	0.30
0.40	8.80	3.36	9.13	0.37	0.301	1.01	0.15	0.40
0.50	9.00	4.25	9.41	0.45	0.345	1.47	0.16	0.51
0.60	9.20	5.16	9.70	0.53	0.385	1.99	0.16	0.61
0.70	9.40	6.09	9.98	0.61	0.422	2.57	0.16	0.71
0.80	9.60	7.04	10.26	0.69	0.456	3.21	0.16	0.81
0.90	9.80	8.01	10.55	0.76	0.489	3.91	0.16	0.91
1.00	10.00	9.00	10.83	0.83	0.519	4.67	0.17	1.01
1.10	10.20	10.01	11.11	0.90	0.547	5.48	0.17	1.12
1.20	10.40	11.04	11.39	0.97	0.575	6.34	0.17	1.22
1.30	10.60	12.09	11.68	1.04	0.601	7.26	0.17	1.32
1.40	10.80	13.16	11.96	1.10	0.625	8.23	0.17	1.42
1.50	11.00	14.25	12.24	1.16	0.649	9.25	0.17	1.52
1.60	11.20	15.36	12.53	1.23	0.672	10.33	0.17	1.62
1.70	11.40	16.49	12.81	1.29	0.694	11.45	0.17	1.72
1.80	11.60	17.64	13.09	1.35	0.716	12.63	0.17	1.83
1.90	11.80	18.81	13.37	1.41	0.737	13.86	0.17	1.93
2.00	12.00	20.00	13.66	1.46	0.757	15.14	0.17	2.03

*Tramo I – Ancho de solera 8,00 m*



Tirante h [m]	Ancho Sup. B [m]	Area A [m <sup>2</sup> ]	Per. Mojado P [m]	Radio Hid. Rh [m]	Vel. Media U [m/s]	Caudal Q [m <sup>3</sup> /s]	Nº Froude F -	Energía Ppía H [m]
0.05	15.10	0.75	15.14	0.05	0.079	0.06	0.11	0.05
0.10	15.20	1.51	15.28	0.10	0.125	0.19	0.13	0.10
0.20	15.40	3.04	15.57	0.20	0.198	0.60	0.14	0.20
0.30	15.60	4.59	15.85	0.29	0.257	1.18	0.15	0.30
0.40	15.80	6.16	16.13	0.38	0.309	1.90	0.16	0.40
0.50	16.00	7.75	16.41	0.47	0.356	2.76	0.16	0.51
0.60	16.20	9.36	16.70	0.56	0.399	3.73	0.16	0.61
0.70	16.40	10.99	16.98	0.65	0.439	4.83	0.17	0.71
0.80	16.60	12.64	17.26	0.73	0.477	6.03	0.17	0.81
0.90	16.80	14.31	17.55	0.82	0.512	7.33	0.17	0.91
1.00	17.00	16.00	17.83	0.90	0.546	8.74	0.17	1.02
1.10	17.20	17.71	18.11	0.98	0.578	10.24	0.18	1.12
1.20	17.40	19.44	18.39	1.06	0.609	11.84	0.18	1.22
1.30	17.60	21.19	18.68	1.13	0.638	13.53	0.18	1.32
1.40	17.80	22.96	18.96	1.21	0.667	15.31	0.18	1.42
1.50	18.00	24.75	19.24	1.29	0.694	17.18	0.18	1.52
1.60	18.20	26.56	19.53	1.36	0.720	19.13	0.18	1.63
1.70	18.40	28.39	19.81	1.43	0.746	21.18	0.18	1.73
1.80	18.60	30.24	20.09	1.51	0.771	23.31	0.18	1.83
1.90	18.80	32.11	20.37	1.58	0.795	25.52	0.18	1.93
2.00	19.00	34.00	20.66	1.65	0.818	27.81	0.18	2.03

*Tramo II – Ancho de solera 15,00 m*

El canal se dimensionara previendo un tirante de funcionamiento de 1,00 m es decir que los caudales máximos en cada tramo serán:

- Tramo I:  $Q = 4,67 \text{ m}^3/\text{seg}$
- Tramo II:  $Q = 8,74 \text{ m}^3/\text{seg}$

Además se prevé dejar una altura de resguardo o revancha de 0,50 m en caso de eventuales crecidas.

El material producto de la excavación que no sea aprovechado para la conformación de cuerpos de terraplén en otros sectores de la obra, será dispuesto en el área comprendida entre el canal y el camino perimetral norte de la Laguna IV, evitando su depósito en zonas de posible arrastre por el escurrimiento de aguas pluviales hacia el canal.

### **Obra de Toma**

La obra de toma del canal estará compuesta por una estructura de hormigón armado en la cual se dispondrá de las compuertas de regulación del caudal a escurrir por la conducción.

Dichas compuertas estarán conformadas por chapas de 9 mm de espesor reforzadas con perfiles ángulo a lo largo de todo su perímetro y a la mitad de cada una de sus luces. Contaran con un sistema de izaje, el cual constara de un tornillo sin fin junto con un volante, al cual se accederá a través de una pasarela metálica que unirá los extremos de la estructura.

Para la determinación del ancho del canal rectangular donde se montara la estructura de compuertas, se considero una sección rectangular de hormigón que permita escurrir el caudal de diseño del canal, manteniendo tanto la pendiente y como el tirante de diseño constantes.

Utilizando la formula de Manning se determino las características del canal de llegada al partidor:

Datos:

- Caudal:  $Q = 4,67 \text{ m}^3/\text{seg}$
- Tirante:  $y = 1,00 \text{ m}$
- Talud:  $Z = 0\text{H}:1\text{V}$
- Coeficiente de Manning:  $n = 0,0013$  (Hormigón)
- Pendiente:  $s = 0,0004 \text{ m/m}$

Resultados:

- Ancho de solera:  $b = 3,51 \text{ m}$
- Area hidráulica:  $A = 3,51 \text{ m}^2$
- Numero de Froude:  $F = 0,3637$  (Subcritico)
- Velocidad:  $U = 1,14 \text{ m/s}$

Por razones de seguridad y resguardo, se decidió adoptar un ancho de solera de 4,00 m.

### **Empalme**

El canal desembocara en el canal de desagüe de la Laguna IV – Laguna VI. Para concretar dicha desembocadura se recurrirá a una estructura tipo partidor, de hormigón armado, que asegure el correcto flujo de ambas conducciones y la posterior escurrimiento final hasta la Laguna VI.



En este estudio en particular se analizara las dimensiones necesarias para asegurar el escurrimiento del canal de a desarrollar en el presente informe, debiéndose adoptar las medidas acordes a las dimensiones y requerimientos del canal de desagüe de la Laguna IV – Laguna VI.

Para ello se considero una sección rectangular de hormigón que permita escurrir el caudal de diseño del canal, manteniendo tanto la pendiente y como el tirante de diseño constantes.

Utilizando la formula de Manning se determino las características del canal de llegada al partidor:

Datos:

- Caudal:  $Q = 8,74 \text{ m}^3/\text{seg}$
- Tirante:  $y = 1,00 \text{ m}$
- Talud:  $Z = 0\text{H}:1\text{V}$
- Coeficiente de Manning:  $n = 0,0013$  (Hormigón)
- Pendiente:  $s = 0,0004 \text{ m/m}$

Resultados:

- Ancho de solera:  $b = 6,75 \text{ m}$
- Area hidráulica:  $A = 6,75 \text{ m}^2$
- Numero de Froude:  $F = 0,4132$  (Subcritico)
- Velocidad:  $U = 1,29 \text{ m/s}$