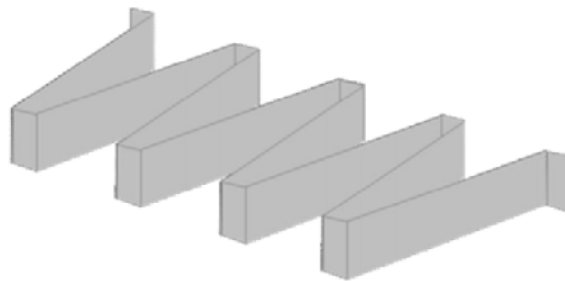


En el presente documento se describe el método de medición de caudales entrante a la bocatoma de la Piscicultura Quimeyco así como también la devolución de caudal en el caso que se extraiga más caudal que el constituido por el derecho de agua

El dispositivo de aforo para medir el caudal entrante a la bocatoma en la Piscicultura Quimeyco es un vertedero tipo Laberinto ubicado en el estanque de Cabecera de la Piscicultura. Este vertedero tiene una forma de Zig-Zag en su vista en planta . Esta estructura de vertedero posee una mayor longitud de descarga en comparación de un vertedero de cresta viva con el mismo ancho de canal . Este tipo de vertedero permite descargar mayores caudales con un nivel de carga hidráulica menor

Vertedero de Laberinto



Fuente: Delgado (2009)



Fig N°1 Vertedero de Laberinto Piscicultura Quimeyco

La Piscicultura Quimeyco capta el agua del río Carhuello mediante una bocatoma lateral. Estas aguas se conducen a una cámara de bombeo donde hay instaladas cuatro bombas sumergibles las que en forma mecánica bombean agua a un estanque de cabecera.

La operación de la Piscicultura Quimeyco, en la condición de mayor demanda es de tres bombas en operación y una en reserva bombeando un caudal máximo de 1,5 m³/seg (129600 m³/día) es decir cada bomba puede bombear como máximo 0,5 m³/seg (43200 m³/día)

Para determinar el caudal de ingreso a la Piscicultura se utiliza la ecuación de Vertedero Laberinto para cada bomba

$$Q = \frac{2}{3} * \sqrt{2g} * Cd * L * H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q= Caudal de descarga (m³/seg)

Cd= Coeficiente descarga

L= Longitud vertedero (m.)

g= aceleración de gravedad

H= Carga Hidráulica(m.)

Determinación de coeficiente de descarga vertedero Laberinto

Para determinar el coeficiente de descarga del vertedero de laberinto se hizo funcionar una bomba a máxima capacidad (velocidad 50 Hz) y se midió carga hidráulica sobre vertedero de laberinto y altura geométrica de bombeo

Datos

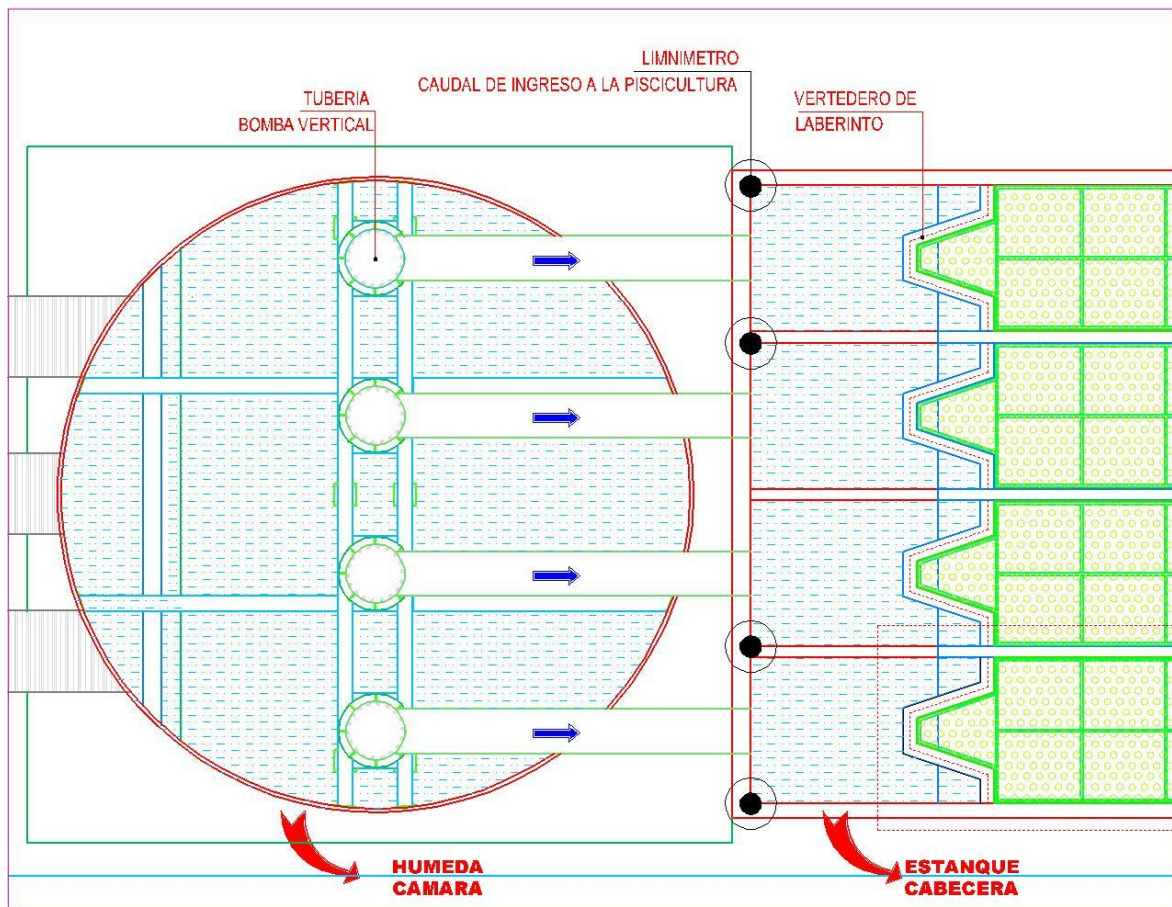
Carga Hidráulica sobre vertedero **H= 0.24 m.**

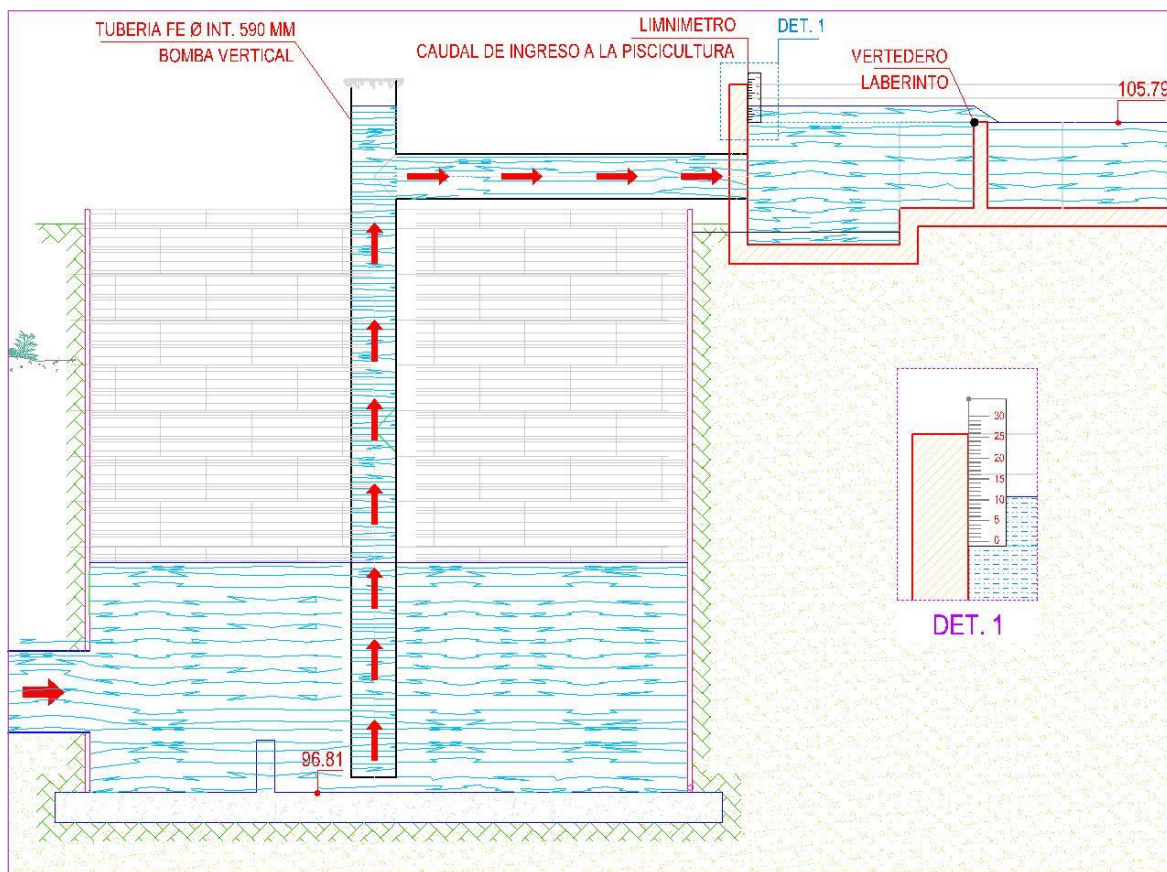
Longitud Vertedero **L= 3.39 m.**

g= 9.81 m/seg²

Altura Geométrica **Hg= 6.83 m**

El caudal de ingreso por bomba se determinará por dos métodos y se sacará el promedio de ambos





El primer método para medir caudal de la bomba fue mediante varios aforos del agua que ingresaba a los estanques de cultivos de la Piscicultura, estos estanques tienen un diámetro de 12.6 m una altura de 2 metros y un volumen de 249.37 m³, se tomó el tiempo de llenado de 100 m³ en 5 estanques obteniéndose un caudal de ingreso promedio de 480 l/seg

El segundo método para medir caudal por bomba es mediante su comportamiento hidráulico definido por la siguiente ecuación:

$$H = H_g + \Sigma \Delta H$$

Donde

H es la altura manométrica, H_g es la altura geométrica de elevación y $\Sigma \Delta H$ es la sumatorias de las pérdidas de energía por fricción y singularidades

Se determinara Curva de Sistema para el punto Hidráulico , se calcularon perdida de carga por fricción mediante formula de Hazen-Williams y las perdidas por regularidad

Perdidas por singularidad

| Singularidad | TRAMO IMPULSION | | |
|----------------------------|-----------------|-------|--------|
| | Cantidad | Kunit | Ktotal |
| Reducción | 0 | 0 | 0 |
| Válvula 2" | 0 | 2 | 0 |
| Válvula 4" | 0 | 2 | 0 |
| Codos 90° | 0 | 0.4 | 0 |
| Codos 45° | 0 | 0.2 | 0 |
| TTE lateral | 1 | 1.3 | 1.3 |
| TTE directa | 0 | 0.2 | 0 |
| Salida | 1 | 1.1 | 1.1 |
| Rejilla | 0 | 1 | 0 |
| TOTAL | 2.4 | | |
| Longitud m | 12.85 | | |
| Diámetro mm | 590 | | |
| Altura geometrica | 6.83 | | |
| velocidad | 2.19 | | |
| Material | Fierro | | |
| Coeficiente Hazen-Williams | 130 | | |

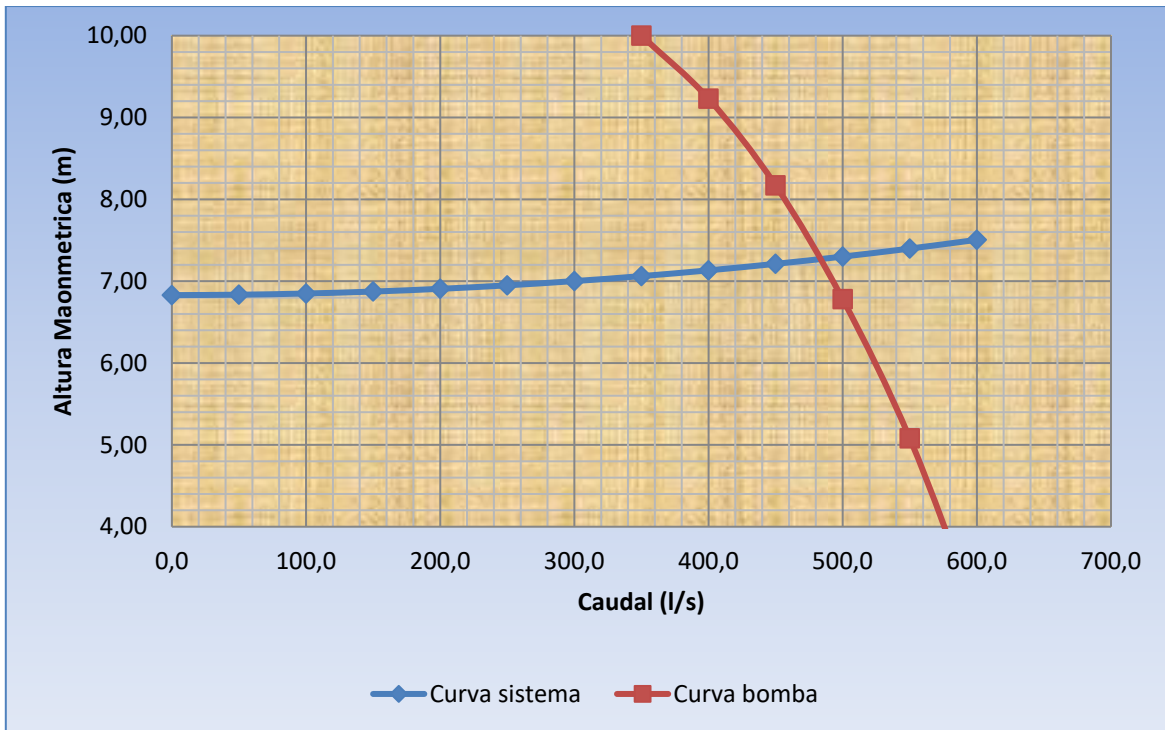
| Caudal lps | Veloc. m/s | L m | D mm | Perdidas friccion | | | Perdidas singulares | | | Perdidas total | H manometrica mca |
|---------------|---------------|--------|---------|-------------------|-----------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| | | | | C | Jl mca | Jl total mca | Ktotal | Hs parcial mca | Hs Total mca | | |
| 600.0 | 2.195 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.09 | 0.09 | 2.4 | 0.59 | 0.59 | 0.68 | 7.51 |
| 550.0 | 2.012 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.07 | 0.07 | 2.4 | 0.50 | 0.50 | 0.57 | 7.40 |
| 500.0 | 1.829 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.06 | 0.06 | 2.4 | 0.41 | 0.41 | 0.47 | 7.30 |
| 450.0 | 1.646 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.05 | 0.05 | 2.4 | 0.33 | 0.33 | 0.38 | 7.21 |
| 400.0 | 1.463 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.04 | 0.04 | 2.4 | 0.26 | 0.26 | 0.30 | 7.13 |
| 350.0 | 1.280 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.03 | 0.03 | 2.4 | 0.20 | 0.20 | 0.23 | 7.06 |
| 300.0 | 1.097 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.02 | 0.02 | 2.4 | 0.15 | 0.15 | 0.17 | 7.00 |
| 250.0 | 0.914 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.02 | 0.02 | 2.4 | 0.10 | 0.10 | 0.12 | 6.95 |
| 200.0 | 0.732 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.01 | 0.01 | 2.4 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 6.91 |
| 150.0 | 0.549 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.01 | 0.01 | 2.4 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 6.87 |
| 100.0 | 0.366 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.00 | 0.00 | 2.4 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 6.85 |
| 50.0 | 0.183 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.00 | 0.00 | 2.4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.83 |
| 0.0 | 0.000 | 12.85 | 590.0 | 130 | 0.00 | 0.00 | 2.4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.83 |

**Resumen
Curva Sistema**

| Q l/s | H mano mca |
|----------|---------------|
| 0.0 | 6.83 |
| 50.0 | 6.83 |
| 100.0 | 6.85 |
| 150.0 | 6.87 |
| 200.0 | 6.91 |
| 250.0 | 6.95 |
| 300.0 | 7.00 |
| 350.0 | 7.06 |
| 400.0 | 7.13 |
| 450.0 | 7.21 |
| 500.0 | 7.30 |
| 550.0 | 7.40 |
| 600.0 | 7.51 |

**Curva Bomba
Marca : ABS**

| Q l/s | H mca |
|----------|----------|
| 350.0 | 10 |
| 400 | 9.23 |
| 450 | 8.17 |
| 500 | 6.78 |
| 550 | 5.08 |
| 600 | 2.94 |
| 0 | 0 |
| 0 | 0 |
| 0 | 0 |
| 0 | 0 |
| 0 | 0 |
| 0 | 0 |
| 0 | 0 |
| 0 | 0 |



Al interceptar la curva de la bomba y curva del sistema se obtiene el valor del caudal a la altura manométrica existente para nuestro caso el caudal es de $Q = 0.482 \text{ m}^3/\text{seg}$

Se saca promedio entre los dos métodos de medición de caudal dando un valor de , $Q = 0.481 \text{ m}^3/\text{seg}$ y con este valor de caudal se termina el coeficiente de descarga mediante la siguiente ecuación

$$Q = \frac{2}{3} * \sqrt{2g} * Cd * L * H^{\frac{3}{2}}$$

$Q = 0.481 \text{ m}^3/\text{seg}$

$Cd = ?$

$L = 3.39 \text{ m.}$

$g = 9.81 \text{ m/seg}^2$

$H = 0.24 \text{ m.}$

Valor de coeficiente descarga vertedero laberinto $Cd = 0.409$, luego con este valor se determina la carga hidráulica por mes para tres bombas operando continuamente y no sobrepasando los caudales otorgados por la DGA, en la siguiente tabla se muestran los valores de carga hidráulica por mes para los caudales otorgados por la DGA

Carga Hidráulica sobre vertedero laberinto para captar caudal otorgado por la DGA

| Meses | Enero | Feb. | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Ago. | Sept. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Permanente continuo | 0,85 | 0,69 | 0,53 | 0,55 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,43 |
| Eventual continuo | 0,65 | 0,63 | 0,57 | 0,95 | - | - | - | - | - | - | - | 0,07 |
| Caudal Total m ³ /seg. | 1,5 | 1,32 | 1,1 | 1,51 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Nº Bombas en operación | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Longitud Vertedero (m) | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 | 3.39 |
| Cd | 0.409 | 0.409 | 0.409 | 0.409 | 0.409 | 0.409 | 0.409 | 0.409 | 0.409 | 0.409 | 0.409 | 0.409 |
| Carga Hidráulica (m) | 0.246 | 0.226 | 0.196 | 0.246 | 0.246 | 0.246 | 0.246 | 0.246 | 0.246 | 0.246 | 0.246 | 0.246 |

Para controlar el caudal de ingreso a la Piscicultura se mide la carga hidráulica sobre el vertedero de laberinto para los meses de abril a enero la carga hidráulica sobre el vertedero de laberinto debe ser de 0.246 metros, en el mes de febrero de 0.226 metros y en el mes de marzo de 0.196 metros, considerando tres bombas en operación y una mantenida en reserva.

Se colocaron cuatro Limnimetros aguas arriba de cada vertedero donde se hace la lectura de la carga hidráulica sobre el vertedero de laberinto si la lectura es mayor a la determinada por mes manualmente se baja la velocidad de la bomba hasta llegar a la altura de carga hidráulica planificada por mes.

Para hacer el control de caudal que ingresa a la piscicultura de forma automática se instalara un sensor ultrasónico de nivel o sensor analógico hidroestático de nivel, que medirá la altura de carga hidráulica en tiempo real y si esta sobrepasa la calculada por mes, este dispositivo enviara una señal a PLC de control de las bombas y bajara velocidad de esta en forma automática hasta llegar a la altura de carga hidráulica calculada con esto el control de caudal será automático.

Para asegurar que no ingrese mas agua que la otorgada por la DGA a la Piscicultura se construyó un vertedero de exceso el que está construido, si por cualquier error entraran en operación las cuatro bombas el agua de exceso de la cuarta bomba pasara sobre este vertedero de exceso y será devuelta inmediatamente aguas debajo de la bocatoma al cauce del rio carhuello.

Ver plano adjunto en anexo 1

En relación a la superación de los límites máximos de caudales permitidos para extraer en el río Carhuello por la Piscicultura Quimeyco indicados en la tabla 10

Se hacen los siguientes descargos, los caudales máximos que pudieran extraer de río Carhuello si estuvieran cuatro bombas operando continuamente es de 2.0 m³/seg (172800 m³/día) todos los registros que estén sobre este valor son errores de transcripción por que la estación de bombeo no puede superar los 172800 m³/día de bombeo de agua al día.

Si consideramos que en algún momento la operación de extracción de agua del río Carhuello se realizó con cuatro bombas el valor de caudal a extraer debe ser de 172800 m³/día o muy cerca de este valor y no hay ningún valor en la tabla n°10 cercano a 172800 m³/día por lo que podemos concluir que existen errores de transcripción.

Para que a futuro no existan estos problemas en el control de caudal que ingresa a la piscicultura este se hará de forma automática se instalará un sensor ultrasónico de nivel o sensor analógico hidrostático de nivel, que medirá la altura de carga hidráulica en tiempo real y si esta sobrepasa la calculada por mes, este dispositivo enviará una señal a PLC de control de las bombas y bajará velocidad de esta en forma automática hasta llegar a la altura de carga hidráulica calculada con esto el control de caudal será automático. Además el control hará que estén operando como máximo tres bombas