

TRABAJO DE CURSO 08/09

Asignatura SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO

POP Ingeniería del Agua ETSI de Caminos, Canales y Puertos

Título Abastecimiento en alta al sistema del Barbanza

Tutor Juan Cagiao Villar

Autores

Concepción Alonso

Estela Álvarez

Antón Amado

Jacobo Canal

Alejandra Díaz

Álvaro Fernández

Rebeca Novoa

Alfredo Teijeiro

Pablo Ures

Introducción

La Administración Autonómica ha pedido que se estime un presupuesto aproximado del abastecimiento en alta del sistema del Barbanza.

El sistema consistirá en la captación de un río, bombeo(s), una ETAP, depósitos de regulación y la conducción en alta hasta los depósitos de cabecera de cada una de las poblaciones que se pretende abastecer.

En el supuesto de partida se ha realizado un estudio de alternativas centrado en un análisis de sostenibilidad (hay agua suficiente en el río en el que se capte como para abastecer a las poblaciones respetando el caudal ecológico), y tras la experiencia adquirida de otros sistemas, ha optado por un diseño de tipo centralizado, es decir, con una única captación y una única ETAP que produce el total de agua necesaria apta para consumo humano.

Nuestro trabajo consistirá en el análisis de cuatro estrategias alternativas para la realización de la captación, la situación de la ETAP y el depósito de regulación, con la consiguiente modificación de los diámetros en la red de conducción. Esto dará lugar a un cambio en los presupuestos y los consumos de explotación.

Localización de las captaciones

Caudal medio anual en el punto de toma (extraído de la ITOHG/ABA)

$$Q_0 = 0.1198 \cdot A_c^{0,772}$$

Siendo A_c el área de la cuenca

Esta fórmula está extraída del promedio de las estaciones de aforo de Galicia.

Para calcular el caudal mínimo que se espera en cada área de captación en un período de retorno de 25 años, se ha empleado la siguiente fórmula, en la que Q_0 es el caudal calculado para cada cuenca, X_p es la probabilidad de ese suceso y Q_p es la probabilidad para ese período de retorno.

$$Q_p = Q_0 \cdot X_p$$

$$Q_{25} = Q_0 \cdot X_{25} = Q_0 \cdot 0.423$$

Probabilidad (%)	Período de retorno	Cuantil extremos sequía
75	4,0	0,693
90	10,0	0,514
95	20,0	0,423
99	100,0	0,277

Tabla 1: Coeficientes de cálculo de extremos

Para el cálculo de los ecológicos se han empleado dos métodos. El primero de ellos emplea la siguiente fórmula:

$$Q_{mp}^i = Q_p \cdot C_m^i$$

Siendo Q_{mp}^i el caudal de reserva o ecológico, Q_p el caudal medio en un año seco y C_m^i el coeficiente de estiaje para los meses más secos del año.

La región de estudio se encuentra en la zona 4 (ver figura 1), en la que el mes con el estiaje más bajo es agosto, con un valor de 0.015 (ver tabla 2)

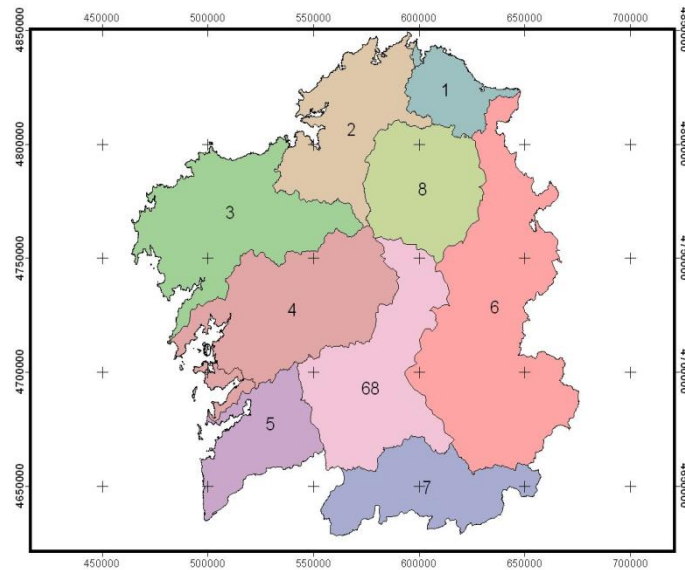


Figura 1. Zonas de Galicia según el coeficiente de estiaje

mes/zona	1	2	3	4	5	6	7	8	68
Jul	0.473	0.299	0.359	0.268	0.193	0.368	0.205	0.246	0.225
Ago	0.349	0.189	0.237	0.150	0.105	0.223	0.097	0.129	0.113
Sep	0.373	0.177	0.237	0.184	0.152	0.203	0.090	0.140	0.115

Tabla 2. Coeficientes de estiaje por zonas

El segundo método calcula el caudal más bajo para un período de retorno de 10 años durante 7 días consecutivos, el llamado 7Q10:

$$Q_{7Q10} = 0.0031 \cdot A_c^{0.8736}$$

La oferta para abastecimiento será el caudal disponible con una cierta probabilidad en época de sequía una vez deducido el caudal ecológico. De estos dos métodos el que proporciona un caudal superior es el 7Q10, por lo que se ha sustraído el 7Q10 para la determinación del caudal de abastecimiento.

Cálculo de caudales

Para estimar los caudales de demanda a abastecer en el sistema propuesto se ha tenido en cuenta que:

- La demanda de ganadería no está afectada por el coeficiente punta estacional (1,4 según las ITOHG), ni con el coeficiente punta horario.
- La capacidad de los depósitos viene dada por el caudal diario punta estacional $QD_p = QD_m \times 1,4$ lo que corresponde al consumo en el peor día del año, afectado por un margen de seguridad del 1,3 como se nos indica en el problema propuesto.
- La ETAP se dimensiona, en un principio, para que se suministre el caudal diario punta estacional. Sin embargo, nuestra situación supone un funcionamiento de la ETAP de 8 horas al día durante el valle nocturno a efectos de minimizar el gasto energético. Esto permite el dimensionar la ETAP para el caudal diario medio, de tal manera que en el día de mayor consumo del año, sólo habrá que tenerla funcionando $8 \times 1,4$ horas sin dejar de atender a la demanda.
- Se emplea el mismo razonamiento para el caudal de bombeo.

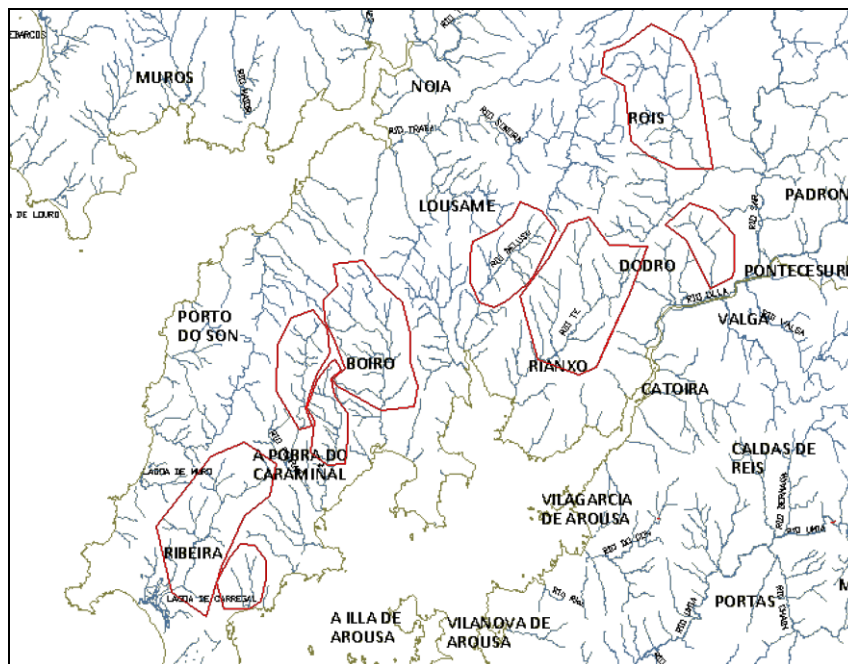


Figura: Áreas de captación en el sistema Barbanza

Tabla 3 de cálculo de caudales

Núcleos	Poboación horizonte Pt	Nº de cabezas de gando bovino Cgb	Nº de cabezas de gando ovino Cgo	Dotación doméstica (l/hab-día) Dd	Dotación cabeza gando bovino (l/cab-día) Dgb	Dotación cabeza gando ovino (l/cab-día) Dgo	Demanda diaria media urbana (m³/día) QDm,urb	Demanda diaria media industrial (m³/día) QDm,ind	Demanda diaria media gandeira (m³/día) QDm,gan	Demanda diaria media total (l/s) QDm,tot al	Coef. punta estacion al urbano (Cp,e,urb)	Demanda diaria punta estacion al urbana (l/s) QDp,urb	Demanda diaria punta total anual (m³/día) QDp,tot al	Demanda diaria punta total anual (l/s) QDp,tot al
Padron	10.070	372,0	40,0	270	90	20	2.719	0,000	34,280	31,87	1,40	44,1	3.840,7	44,45
Dodro	3.315	139,0	610,0	240	90	20	796	0,000	24,710	9,49	1,40	12,9	1.138,6	13,18
Rianxo	12.547	140,0	400,0	270	90	20	3.388	0,000	20,600	39,45	1,40	54,9	4.763,4	55,13
Boiro	22.520	584,0	850,0	270	90	20	6.080	0,000	69,560	71,18	1,40	98,5	8.582,1	99,33
Pobra	13.285	44,0	38,0	270	90	20	3.587	0,000	4,720	41,57	1,40	58,1	5.026,5	58,18
Ribeira	37.657	541,0	135,0	270	90	20	10.167	0,000	51,390	118,27	1,40	164,7	14.285,7	165,34

Coeficiente punta horario urbano (Cp,h,urb)	Coeficiente punta horario industrial (Cp,h,ind)	Demanda horaria punta urbana (l/s) QHp,urb	Demanda horaria punta industrial (l/s) QHp,ind	Demanda horaria punta gandería (l/s) QHp,gan	Demanda horaria punta total (l/s) QHp,tot al	Coeficiente punta global Cp,global
2,12	4,98	93,4	0,0	0,40	93,8	2,94
2,39	4,98	30,9	0,0	0,29	31,1	3,28
2,09	4,98	114,6	0,0	0,24	114,8	2,91
2,01	4,98	198,5	0,0	0,81	199,3	2,80
2,08	4,98	120,9	0,0	0,05	120,9	2,91
1,97	4,98	323,9	0,0	0,59	324,5	2,74

Calculo de caudales: Resultados

CAUDAL HORARIO PUNTA..... **884,480** l/s

CAUDAL DIARIO MEDIO..... **311,831** l/s.

CAUDAL DIARIO PUNTA estacional..... **37.637,0** **435,6**
m³/día l/s.

en 24 h.

ETAP.....	435,6	l/s.
<i>Coeficiente de mayoración de la regulación.....</i>	<i>1,3</i>	
DEPOSITO REGULADOR.....	48.928,051	m³

CAUDAL DE DISEÑO DE LA ETAP (3*QDm,total)	935,493
VOLUMEN DE DISEÑO DE LOS DEPÓSITOS (total)	48.928,051

De cara al diseño se calculan los volúmenes de depósito requeridos para el abastecimiento de las poblaciones:

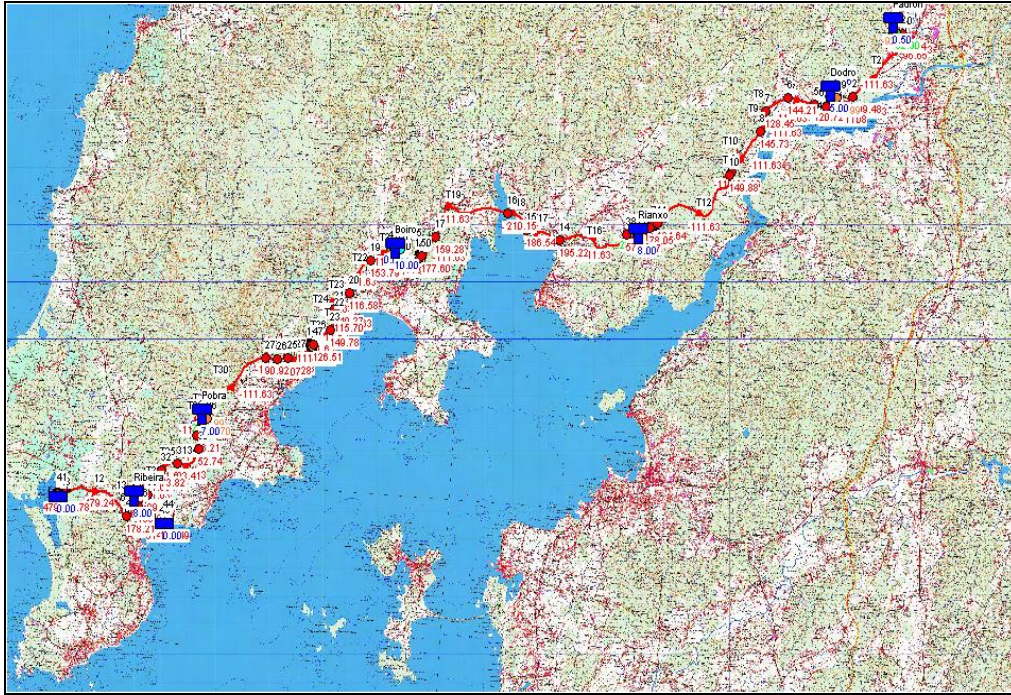
Pueblo	Vol. Depósito	Pueblo	Vol. Depósito
Padrón	4993	Boiro	11167
Dodro	1480	Pobra	6534
Rianxo	6192	Ribeira	18671

Tabla 4 Volumen de los depósitos de cabecera

Simulación en EPANET

Posteriormente al cálculo de caudales, se han realizado cuatro simulaciones alternativas para el abastecimiento al Barbanza. Para que la comparación entre los distintos abastecimientos fuera correcta se tuvieron en cuenta una serie de parámetros comunes:

- Se ha creado una red en alta común a todas las opciones, cambiando tan sólo los tramos de tubería desde la toma de agua hasta el depósito de cabecera en cada caso, así como los diámetros de tubería correspondientes para una correcta circulación del agua.
- Las presiones del sistema deben oscilar entre un mínimo de unos 5 m y un máximo de 250 m, que es la presión que soportan las tuberías de fundición.
- Para un correcto funcionamiento de la simulación, fue necesario colgarle a cada depósito un nodo de demanda (que simula el consumo de todo el pueblo), para posibilitar una rutina dinámica. Estos tramos de abastecimiento no se han tenido en cuenta de cara al cálculo de las longitudes de tubería para abastecimiento en alta.
- En cambio sí se han añadido los tramos de tubería correspondientes a las impulsiones, puesto que el programa no lo realiza de manera automática.
- De cara al cálculo energético, se introduce un rendimiento genérico de 77% para todas las bombas empleadas.
- Los bombeos han sido dimensionados para elevar el caudal medio diario, pero en 8 horas (1/3 de día). De esta forma ocurrirá que el día de mayor consumo del año se precisará que los bombeos trabajen algunas horas más.
- Las tuberías de transporte también se han dimensionado para que circule ese caudal medio multiplicado por 3, ya que realmente, al necesitarse bombeos intermedios, que trabajan solo 8 horas, la tubería tiene que atender al caudal instantáneo bombeado durante esas 8 horas, y el resto de horas no circulará agua por ellas. Los tramos de tubería que no dependen de bombeos se dimensionan simplemente para el Q diario punta estacional ($1,4 \times Q_m$).
- Se ha empleado una mapa 1:25000 digital para deducir las cotas y crear una red lo más aproximada a la realidad posible.



Cálculo de costes de ejecución

A continuación se exponen una serie de tablas resumen de los costes aplicados a los distintos itinerarios propuestos.

Coste tuberías				
	D(mm)	L(m)	€/m	€
Rianxo	300	41449	230	9.533.270 €
	500	4869	396	1.928.124 €
	600	730	476	347.480 €
	200	622	156	97.032 €
	600	4781	230	1.099.630 €
Padrón	800	10198	396	4.038.408 €
	1000	28876	635	18.336.260 €
	100	933	97	90.471 €
Pobra	150	4352	122	530.932 €
	200	11157	156	1.740.480 €
	250	11514	185	2.130.138 €
	300	3827	230	880.169 €
	450	226	356	80.321 €
	500	8532	396	3.378.795 €
	600	4971	476	2.365.977 €
Ribeira	300	28774	230	6.618.121 €
	400	10215	316	3.227.997 €
	450	1061	356	377.623 €
	500	2797	396	1.107.663 €
	600	6199	476	2.950.667 €
	800	544	635	345.192 €

Tabla 5: Coste de las conducciones en función de L y d

Rianxo depósito(m3)	€/deposito	Padrón depósito(m3)	€/deposito
5000	390.497 €		
1500	113.512 €	1500	113.512 €
		6000	450.000 €
11000	668.623 €	11000	668.623 €
7000	460.000 €	7000	460.000 €
19000	986.007 €	19000	986.007 €
Ribeira depósito(m3)	€/deposito	Pobra depósito(m3)	€/deposito
5000	390.497 €	5000	390.497 €
1500	113.512 €	1500	113.512 €
6000	450.000 €	6000	450.000 €
11000	668.623 €	11000	668.623 €
7000	460.000 €		
		19000	986.007 €

Tabla 6: Depósitos de cabecera

	Ribeira	Pobra	Rianxo	Padrón
Tiempo de bombeo (h)	8	8	8	8
Potencia (Kw)	2631,1	1769,3	1639,7	5215,6

	Ribeira	Pobra	Rianxo	Padrón
Potencia bombeo (Kw)	2.631	1.769	1.640	5.216
Coste Bombeo (€)	1.777.517 €	1.208.750 €	1.123.400 €	3.483.275 €

Tabla 7: Instalación de bombeos

	Ribeira	Pobra	Rianxo	Padrón
Partida alzada (captación superficial)	60.000 €	60.000 €	60.000 €	60.000 €
coste ETAP	5.697.700 €	5.697.700 €	5.697.700 €	5.697.700 €
Coste del depósito (regulación)	1.282.100 €	1.282.100 €	1.282.100 €	1.282.100 €
Depósito de cabecera	2.082.632 €	2.608.639 €	2.618.639 €	2.678.142 €
coste de conducciones	14.627.264 €	11.197.281 €	11.808.874 €	23.571.330 €
total costes	23.749.696 €	20.845.720 €	21.467.313 €	33.289.272 €

Tabla 8: Resumen de costes de instalación del abastecimiento

	Ribeira	Pobra	Rianxo	Padrón
Coste Bombeo	1.777.517 €	1.208.750 €	1.123.400 €	3.483.275 €

Tabla 9: Costes de explotación de los bombeos

Conclusión

Evaluando los costes de instalación del abastecimiento la opción más cara es la de Padrón, lo que resulta lógico puesto que la población mayor es la de Ribeira, y en la opción de Padrón, la ETAP está en el otro extremo de la red de abastecimiento.

La opción de Ribeira se encarece debido a la larga distancia que separa la ETAP del depósito de regulación.

En cambio las opciones de Pobra y Rianxo resultan las de un coste más moderado.

Si observamos entonces los costes de explotación, podemos deducir que la opción Rianxo sería la más adecuada, puesto que en 10 años amortizaría la diferencia de coste con respecto a la opción que instala la ETAP en Pobra.

Finalmente, podría resultar interesante el estudio de la instalación de dos ETAPs, en lugar de una. Esto llevaría al empleo de conducciones de menor diámetro y de bombeos con menor potencia, lo que a la larga quizá podría compensar el coste de la segunda planta de potabilización.