

INDICE ANEJO 1

1.-	OBJETO	3
2.-	CAUDAL DE IMPULSIÓN.....	3
3.-	CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....	3
3.1.-	Trazado y tubería de impulsión.....	3
3.2.-	Altura manométrica.....	4
4.-	ESTUDIO DEL RÉGIMEN TRANSITORIO.....	17
4.1.-	Perfil longitudinal tubería	17
4.1.1	Impulsión a la balsa de Tesejerague	17
4.1.1	Impulsión al depósito de Mazacote.....	18
4.2.-	Materiales.....	19
4.3.-	Cálculos hidráulicos.....	19
4.3.1	Impulsión a la balsa de Tesejerague	19
4.3.1	Impulsión al depósito de Mazacote.....	21
4.4.-	Cálculo del régimen transitorio	22
4.4.1	Impulsión a la balsa de Tesejerague	22
4.4.1.1	Cálculo analítico	22
4.4.1.2	Líneas piezométricas.....	24
4.4.1.3	Presiones	24
4.4.1.4	Conclusiones preliminares.....	25
4.4.2	Impulsión al depósito de Mazacote.....	25
4.4.2.1	Cálculo analítico	25
4.4.2.2	Líneas piezométricas.....	27
4.4.2.3	Presiones	27
4.4.2.4	Conclusiones provisionales	28
4.5.-	Dispositivo para atenuar el transitorio	28
4.5.1	Impulsión a la balsa de Tesejerague	29

4.5.2	Impulsión al depósito de Mazacote.....	33
4.5.3	Dispositivo seleccionado.....	36
4.6.-	Conclusiones y recomendaciones	37

DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA IMPULSIÓN

1.- Objeto

El objeto del presente Anejo es dimensionar las características del equipo de bombeo que se va a instalar en la estación de bombeo de la Estación Desaladora de Agua de Mar de Gran Tarajal, dimensionar las tuberías de impulsión y los elementos de protección necesarios para las instalaciones.

2.- Caudal de impulsión

Se han diseñado dos impulsiones que abastecerán a dos escalones de riego, en función de la cota.

- Impulsión de llenando del depósito de Mazacote (nivel 1, cota 15,43 a cota 120,24)

Se ha calculado un bombeo de m de longitud, en FDC-250 (5.172 m) y PVC-O DN-250 (2.161,87), con diferentes timbrajes en función de las presiones a las que tiene que ser sometida, con un caudal de 55,56 l/s.

- Impulsión de llenando de la balsa montaña Tesejerague (nivel 2, cota 15,43 a cota 225,21).

Se ha calculado un bombeo de 13.108,00 m de longitud, en PVC-O DN-250, con diferentes timbrajes en función de las presiones a las que tiene que ser sometida, salvo en su parte inicial (primeros 5.172 m) en que se resuelve con una tubería de Fundición Dúctil C-40 DN-250, con recubrimiento interior de poliuretano. El caudal de impulsión considerado para el cálculo se ha considerado a partir de la producción teórica de agua producto, con una producción máxima teórica de 4000 m³/h. se ha estimado un tiempo de llenado de la balsa 10 días, con 20 horas de bombeo diario, con un caudal de 55,56 l/s.

3.- Cálculos hidráulicos

3.1.- Trazado y tubería de impulsión

Debido al agua a utilizar para el riego, producto de la desalación de agua de mar en la desaladora de Gran Tarajal y los problemas de corrosión en tuberías que pudiera ocasionar, se ha elegido como material a utilizar el PVC molecularmente orientado (salvo para la primera parte de la impulsión, como se podrá observar más adelante, que se ha tenido que utilizar fundición dúctil revestida al no existir tuberías de aquel material de timbre superior a 25 atm).

Se han calculado las dos impulsiones por separado, pero finalmente se instalará una única impulsión con un tramo inicial común, hasta el punto 67, como puede observarse en Planos, punto en que se deriva un ranal hacia el depósito de Mazacote.

El trazado de la conducción discurre, en la mayor parte de su desarrollo, sobre pistas de tierra, quedando algún tramo entre límites de parcelas y el resto sobre caminos asfaltados de titularidad pública. Este trazado busca reducir en la medida lo posible la longitud del trazado y evitar la ejecución de expedientes de expropiación de las parcelas sobre las que discurre.

En los tramos en donde la tubería deja el camino seguirá preferentemente las lindes de las parcelas, con objeto de no afectarlas directamente. Asimismo, y en caso de producirse algún tipo de desperfecto, se ha de reponer o reconstruir el bien afectado.

La totalidad de la tubería irá en zanja.

3.2.-Altura manométrica

Para determinar la altura manométrica que ha de suministrar el equipo de bombeo ha de sumarse al desnivel geométrico (diferencia de cotas entre la impulsión y el punto de servicio) la pérdida de carga producida para las condiciones que se tienen (caudal, Q ; diámetro interior de la tubería, D_{int} ; longitud real de la tubería).

Para la obtención del gradiente de pérdida de carga se ha utilizado la fórmula de Darcy-Weisbach. Para ello se empieza determinando la viscosidad cinemática (m^2/s), para una temperatura del agua de 20 °C, siendo:

$$\nu = \frac{1,8 \times 10^{-6}}{1 + 0,03620862 \times T + 0,00015909 \times T^2}$$

A continuación se calcula en nº de Reynolds utilizando la velocidad del agua (m/s), el diámetro interior de la tubería (mm) y la viscosidad cinemática (m^2/s) calculada anteriormente:

$$Re = \frac{10^{-3} \times D \times V}{\nu}$$

La estimación de f (factor de fricción) se ha determinado a partir de la siguiente expresión de White-Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) + \frac{k/D}{3,71}$$

La velocidad de flujo de agua (m/s) en la conducción, depende del caudal (Q , en l/s) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{4.000 Q}{\pi D^2}$$

El gradiente de pérdida de carga vendrá dado por la ecuación:

$$J = 10^5 f \frac{V^2}{2 \cdot 9,81 D}$$

donde:

- J gradiente de pérdida de carga, en m/100m
- f factor de fricción
- V velocidad, en m/s
- D diámetro interior de la tubería, en mm

La pérdida de carga (mca) en cada tramo de la red se obtiene mediante:

$$H_f = 1,05 \times J \times \frac{L}{100}$$

siendo: L longitud real de cada tramo, en m

Esta expresión se ha mayorado en un 10% para incluir las pérdidas de carga que se producen en los puntos singulares de la tubería.

Se tiene, de esta manera, que la altura manométrica establecida para el cálculo de bombeo resulta de sumar:

- la diferencia de cotas existente entre el punto de bombeo (Desaladora de Gran Tarajal) y el punto de llegada de la impulsión (balsa de Tesejerague, bifurcando antes en el depósito de Mazacote) es de $225,21 - 15,43 = 209,78$ m.
- la altura efectiva de la balsa es de 7 m
- las pérdidas de carga que se dan en la conducción de impulsión, suman 83,94 mca.

Por tanto, el equipo de bombeo debe ser capaz de proporcionar una altura manométrica de:

293,71 mca.

- La impulsión hasta el deposito de Mazacote, a pesar de usar la misma conducción, se calcula de manera independiente ya que se empleará un equipo de bombeo en exclusiva para este propósito evitándose el uso de variadores por considerarlos poco eficientes energéticamente dada la gran diferencia de cota entre ambos puntos). La diferencia de cotas entre la Desaladora y el depósito del cuchillo es de $120,24 - 15,43 = 104,81$ m
- la altura efectiva del depósito es de 4 m
- las pérdidas de carga que se dan en la conducción de impulsión, suman 46,95 mca

Por tanto, el equipo de bombeo debe ser capaz de proporcionar una altura manométrica de:
151,72 mca.

A continuación se presentan los resultados de los cálculos realizados.

209,78

Cota minima bombeo: 15,43 m
 Cota descarga bombeo: 225,21 m

Temp.	Viscos	Rugosidad
°C	m ² /s	mm
20	1E-06	0,01

PRODUCCION AGUA DIARIA

4000 m³/h

LLENADO 20 H/DIA

200m³/h

LLENADO 10 DIAS

200 m³/h

55,56 l/s

PVC

mayorada por perdida de carga
10%

IMPULSION PRINCIPAL. BALSA DE TESEJERAGUE

Pk	Q (l/s)	Proy. (m)	Proy. acumu. (m)	Cota rasante	Desnivel (m)	L (m)	Ø Int. (mm)	DN	V (m/s)	J (m/100m)	Hf (mca)	Re	f	f	Presión entrada (mca)	Presión salida (mca)	
0	55,56	0,00		15,43												293,71	
1	55,56	82,02	82,02	19,03	-3,59	82,10	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,525	253654	0,015	0,015	293,71	289,60	
2	55,56	114,26	196,28	23,56	-4,53	114,35	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,732	253654	0,015	0,015	289,60	284,33	
3	55,56	46,91	243,19	25,20	-1,65	46,94	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,300	253654	0,015	0,015	284,33	282,38	
4	55,56	60,10	303,29	25,00	0,20	60,10	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,385	253654	0,015	0,015	282,38	282,20	
5	55,56	26,14	329,42	25,00	0,00	26,14	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,167	253654	0,015	0,015	282,20	282,04	
6	55,56	75,27	404,69	25,00	0,00	75,27	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,482	253654	0,015	0,015	282,04	281,56	
7	55,56	117,64	522,33	28,13	-3,13	117,68	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,753	253654	0,015	0,015	281,56	277,67	
8	55,56	27,30	549,63	28,06	0,07	27,30	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,175	253654	0,015	0,015	277,67	277,57	
9	55,56	97,25	646,87	30,00	-1,94	97,27	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,622	253654	0,015	0,015	277,57	275,01	
10	55,56	92,00	738,87	31,51	-1,51	92,01	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,589	253654	0,015	0,015	275,01	272,91	
11	55,56	47,16	786,04	33,03	-1,52	47,19	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,302	253654	0,015	0,015	272,91	271,08	
12	55,56	87,57	873,61	35,00	-1,97	87,59	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,560	253654	0,015	0,015	271,08	268,55	
13	55,56	90,06	963,67	36,41	-1,41	90,07	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,576	253654	0,015	0,015	268,55	266,57	
14	55,56	79,39	1043,06	40,00	-3,59	79,47	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,508	253654	0,015	0,015	266,57	262,47	
15	55,56	60,90	1103,96	40,74	-0,74	60,91	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,390	253654	0,015	0,015	262,47	261,34	
16	55,56	33,09	1137,05	42,81	-2,07	33,16	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,212	253654	0,015	0,015	261,34	259,05	
17	55,56	44,35	1181,40	45,00	-2,19	44,40	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,284	253654	0,015	0,015	259,05	256,58	
18	55,56	78,86	1260,26	45,00	0,00	78,86	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,505	253654	0,015	0,015	256,58	256,08	
19	55,56	125,94	1386,20	50,00	-5,00	126,04	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,806	253654	0,015	0,015	256,08	250,27	
20	55,56	151,13	1537,33	55,00	-5,00	151,21	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,967	253654	0,015	0,015	250,27	244,30	
21	55,56	48,47	1585,80	55,00	0,00	48,47	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,310	253654	0,015	0,015	244,30	243,99	
22	55,56	21,61	1607,41	54,13	0,87	21,63	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,138	253654	0,015	0,015	243,99	244,72	

23	55,56	97,94	1705,35	51,56	2,57	97,97	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,627	253654	0,015	0,015	244,72	246,66
24	55,56	120,91	1826,26	46,53	5,03	121,02	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,774	253654	0,015	0,015	246,66	250,92
25	55,56	113,01	1939,26	45,00	1,53	113,02	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,723	253654	0,015	0,015	250,92	251,73
26	55,56	87,59	2026,86	42,60	2,40	87,62	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,561	253654	0,015	0,015	251,73	253,58
27	55,56	59,86	2086,72	40,00	2,60	59,92	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,383	253654	0,015	0,015	253,58	255,79
28	55,56	130,32	2217,04	35,06	4,94	130,41	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,834	253654	0,015	0,015	255,79	259,89
29	55,56	82,80	2299,84	34,42	0,65	82,80	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,530	253654	0,015	0,015	259,89	260,00
30	55,56	62,39	2362,23	32,96	1,46	62,41	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,399	253654	0,015	0,015	260,00	261,07
31	55,56	92,77	2455,01	31,96	1,00	92,78	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,594	253654	0,015	0,015	261,07	261,47
32	55,56	73,94	2528,95	30,44	1,51	73,96	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,473	253654	0,015	0,015	261,47	262,51
33	55,56	95,69	2624,64	29,58	0,86	95,69	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,612	253654	0,015	0,015	262,51	262,77
34	55,56	64,02	2688,66	28,58	1,00	64,03	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,410	253654	0,015	0,015	262,77	263,36
35	55,56	88,85	2777,51	27,74	0,84	88,85	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,568	253654	0,015	0,015	263,36	263,62
36	55,56	114,99	2892,50	26,15	1,59	115,01	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,736	253654	0,015	0,015	263,62	264,48
37	55,56	73,20	2965,70	26,34	-0,19	73,20	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,468	253654	0,015	0,015	264,48	263,82
38	55,56	96,08	3061,78	27,92	-1,58	96,09	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,615	253654	0,015	0,015	263,82	261,63
39	55,56	71,99	3133,77	27,19	0,74	72,00	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,461	253654	0,015	0,015	261,63	261,90
40	55,56	114,98	3248,75	29,65	-2,46	115,01	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,736	253654	0,015	0,015	261,90	258,70
41	55,56	149,52	3398,27	30,00	-0,35	149,52	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,957	253654	0,015	0,015	258,70	257,40
42	55,56	19,77	3418,04	30,00	0,00	19,77	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,126	253654	0,015	0,015	257,40	257,27
43	55,56	109,64	3527,68	34,04	-4,04	109,71	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,702	253654	0,015	0,015	257,27	252,52
44	55,56	116,79	3644,47	35,00	-0,96	116,79	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,747	253654	0,015	0,015	252,52	250,82
45	55,56	90,63	3735,09	35,00	0,00	90,63	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,580	253654	0,015	0,015	250,82	250,24
46	55,56	125,29	3860,39	30,02	4,98	125,39	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,802	253654	0,015	0,015	250,24	254,42
47	55,56	80,69	3941,08	31,00	-0,97	80,70	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,516	253654	0,015	0,015	254,42	252,93
48	55,56	70,07	4011,14	30,00	1,00	70,07	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,448	253654	0,015	0,015	252,93	253,47
49	55,56	113,82	4124,96	30,00	0,00	113,82	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,728	253654	0,015	0,015	253,47	252,74
50	55,56	116,50	4241,46	32,89	-2,89	116,53	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,746	253654	0,015	0,015	252,74	249,11
51	55,56	192,12	4433,58	35,00	-2,11	192,14	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	1,229	253654	0,015	0,015	249,11	245,77
52	55,56	21,70	4455,29	35,00	0,00	21,70	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,139	253654	0,015	0,015	245,77	245,63
53	55,56	138,54	4593,83	35,07	-0,07	138,54	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,886	253654	0,015	0,015	245,63	244,68
54	55,56	276,87	4870,69	39,49	-4,42	276,90	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	1,772	253654	0,015	0,015	244,68	238,49
55	55,56	16,18	4886,87	39,49	0,00	16,18	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,103	253654	0,015	0,015	238,49	238,38
56	55,56	113,32	5000,18	39,61	-0,13	113,32	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,725	253654	0,015	0,015	238,38	237,53
57	55,56	108,86	5109,05	40,00	-0,39	108,86	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,697	253654	0,015	0,015	237,53	236,45

58	55,56	62,94	5171,99	40,00	0,00	62,94	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,403	253654	0,015	0,015	0,015	236,45	236,05
59	55,56	53,06	5225,05	41,39	-1,39	53,08	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,340	304692	0,015	0,015	0,015	236,05	234,32
60	55,56	60,73	5285,78	44,16	-2,77	60,79	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,389	304692	0,015	0,015	0,015	234,32	231,16
61	55,56	71,47	5357,24	44,61	-0,45	71,47	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,457	304692	0,015	0,015	0,015	231,16	230,25
62	55,56	61,70	5418,95	44,46	0,14	61,70	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,395	304692	0,015	0,015	0,015	230,25	230,00
63	55,56	23,25	5442,20	44,17	0,30	23,25	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,149	304692	0,015	0,015	0,015	230,00	230,15
64	55,56	83,02	5525,22	45,00	-0,83	83,03	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,531	304692	0,015	0,015	0,015	230,15	228,78
65	55,56	65,75	5590,97	45,00	0,00	65,75	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,421	304692	0,015	0,015	0,015	228,78	228,36
66	55,56	54,57	5645,55	45,00	0,00	54,57	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,349	304692	0,015	0,015	0,015	228,36	228,01
67	55,56	25,61	5671,15	46,92	-1,92	25,68	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,164	304692	0,015	0,015	0,015	228,01	225,93
95	55,56	86,41	5757,57	47,40	-0,47	86,41	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,553	304692	0,015	0,015	0,015	225,93	224,90
96	55,56	79,49	5837,05	49,19	-1,79	79,51	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,509	304692	0,015	0,015	0,015	224,90	222,60
97	55,56	92,05	5929,11	50,00	-0,81	92,05	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,589	304692	0,015	0,015	0,015	222,60	221,20
98	55,56	107,74	6036,85	50,00	0,00	107,74	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,689	304692	0,015	0,015	0,015	221,20	220,51
99	55,56	120,06	6156,90	50,84	-0,84	120,06	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,768	304692	0,015	0,015	0,015	220,51	218,91
100	55,56	94,45	6251,36	55,00	-4,16	94,55	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,605	304692	0,015	0,015	0,015	218,91	214,14
101	55,56	113,20	6364,55	55,00	0,00	113,20	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,724	304692	0,015	0,015	0,015	214,14	213,41
102	55,56	77,81	6442,36	55,00	0,00	77,81	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,498	304692	0,015	0,015	0,015	213,41	212,92
103	55,56	50,73	6493,10	55,00	0,00	50,73	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,325	304692	0,015	0,015	0,015	212,92	212,59
104	55,56	75,77	6568,86	60,36	-5,36	75,95	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,486	304692	0,015	0,015	0,015	212,59	206,75
105	55,56	88,48	6657,34	60,00	0,36	88,48	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,566	304692	0,015	0,015	0,015	206,75	206,54
106	55,56	65,94	6723,29	61,85	-1,85	65,97	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,422	304692	0,015	0,015	0,015	206,54	204,27
107	55,56	57,65	6780,93	65,50	-3,65	57,76	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,370	304692	0,015	0,015	0,015	204,27	200,24
108	55,56	46,95	6827,88	65,00	0,50	46,95	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,300	304692	0,015	0,015	0,015	200,24	200,45
109	55,56	70,44	6898,32	63,41	1,59	70,46	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,451	304692	0,015	0,015	0,015	200,45	201,59
110	55,56	73,38	6971,69	64,54	-1,13	73,39	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,470	304692	0,015	0,015	0,015	201,59	199,99
111	55,56	37,65	7009,35	65,00	-0,46	37,65	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,241	304692	0,015	0,015	0,015	199,99	199,29
112	55,56	19,05	7028,40	65,00	0,00	19,05	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,122	304692	0,015	0,015	0,015	199,29	199,16
113	55,56	125,47	7153,86	65,00	0,00	125,47	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,803	304692	0,015	0,015	0,015	199,16	198,36
114	55,56	65,48	7219,34	65,00	0,00	65,48	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,419	304692	0,015	0,015	0,015	198,36	197,94
115	55,56	41,11	7260,45	66,13	-1,13	41,13	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,263	304692	0,015	0,015	0,015	197,94	196,55
116	55,56	45,71	7306,16	65,00	1,13	45,72	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,293	304692	0,015	0,015	0,015	196,55	197,39
117	55,56	48,64	7354,80	65,89	-0,89	48,65	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,311	304692	0,015	0,015	0,015	197,39	196,18
118	55,56	92,58	7447,37	67,61	-1,72	92,59	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,592	304692	0,015	0,015	0,015	196,18	193,87
119	55,56	125,77	7573,15	70,00	-2,39	125,80	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,805	304692	0,015	0,015	0,015	193,87	190,68

120	55,56	51,83	7624,98	70,00	0,00	51,83	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,332	304692	0,015	0,015	190,68	190,35
121	55,56	51,16	7676,14	71,78	-1,78	51,19	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,328	304692	0,015	0,015	190,35	188,24
122	55,56	39,06	7715,20	74,18	-2,40	39,13	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,250	304692	0,015	0,015	188,24	185,59
123	55,56	56,65	7771,85	75,00	-0,82	56,66	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,363	304692	0,015	0,015	185,59	184,41
124	55,56	19,53	7791,38	75,00	0,00	19,53	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,125	304692	0,015	0,015	184,41	184,28
125	55,56	39,96	7831,34	75,00	0,00	39,96	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,256	304692	0,015	0,015	184,28	184,02
126	55,56	22,96	7854,30	75,00	0,00	22,96	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,147	304692	0,015	0,015	184,02	183,88
127	55,56	26,62	7880,92	75,00	0,00	26,62	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,170	304692	0,015	0,015	183,88	183,71
128	55,56	50,14	7931,07	75,06	-0,06	50,14	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,321	304692	0,015	0,015	183,71	183,32
129	55,56	87,03	8018,10	77,87	-2,81	87,08	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,557	304692	0,015	0,015	183,32	179,96
130	55,56	76,77	8094,87	80,00	-2,13	76,80	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,491	304692	0,015	0,015	179,96	177,34
131	55,56	54,89	8149,76	85,00	-5,00	55,12	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,353	304692	0,015	0,015	177,34	171,99
132	55,56	63,31	8213,07	85,00	0,00	63,31	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,405	304692	0,015	0,015	171,99	171,58
133	55,56	58,28	8271,36	88,86	-3,86	58,41	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,374	304692	0,015	0,015	171,58	167,35
134	55,56	46,98	8318,34	93,31	-4,45	47,19	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,302	304692	0,015	0,015	167,35	162,59
135	55,56	41,42	8359,76	97,81	-4,50	41,66	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,267	304692	0,015	0,015	162,59	157,83
136	55,56	44,23	8403,99	101,77	-3,96	44,41	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,284	304692	0,015	0,015	157,83	153,58
137	55,56	105,57	8509,56	105,00	-3,23	105,62	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,676	304692	0,015	0,015	153,58	149,68
138	55,56	106,14	8615,70	110,00	-5,00	106,25	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,680	304692	0,015	0,015	149,68	144,00
139	55,56	74,17	8689,87	110,00	0,00	74,17	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,475	304692	0,015	0,015	144,00	143,52
140	55,56	43,96	8733,83	105,00	5,00	44,24	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,283	304692	0,015	0,015	143,52	148,24
141	55,56	43,93	8777,77	105,00	0,00	43,93	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,281	304692	0,015	0,015	148,24	147,96
142	55,56	35,93	8813,70	105,00	0,00	35,93	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,230	304692	0,015	0,015	147,96	147,73
143	55,56	37,34	8851,03	105,00	0,00	37,34	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,239	304692	0,015	0,015	147,73	147,49
144	55,56	47,49	8898,52	105,00	0,00	47,49	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,304	304692	0,015	0,015	147,49	147,19
145	55,56	52,10	8950,63	106,10	-1,10	52,12	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,333	304692	0,015	0,015	147,19	145,75
146	55,56	45,56	8996,19	110,00	-3,90	45,73	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,293	304692	0,015	0,015	145,75	141,56
147	55,56	67,10	9063,29	112,49	-2,49	67,15	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,430	304692	0,015	0,015	141,56	138,64
148	55,56	36,80	9100,10	113,92	-1,43	36,83	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,236	304692	0,015	0,015	138,64	136,97
149	55,56	42,34	9142,43	110,25	3,67	42,49	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,272	304692	0,015	0,015	136,97	140,37
150	55,56	57,32	9199,75	111,00	-0,75	57,33	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,367	304692	0,015	0,015	140,37	139,26
151	55,56	56,62	9256,37	115,00	-4,00	56,76	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,363	304692	0,015	0,015	139,26	134,89
152	55,56	29,64	9286,01	115,00	0,00	29,64	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,190	304692	0,015	0,015	134,89	134,70
153	55,56	25,40	9311,42	115,13	-0,13	25,40	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,163	304692	0,015	0,015	134,70	134,41
154	55,56	47,94	9359,36	115,97	-0,84	47,95	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,307	304692	0,015	0,015	134,41	133,26

155	55,56	76,57	9435,93	113,38	2,59	76,61	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,490	304692	0,015	0,015	133,26	135,37
156	55,56	36,48	9472,41	110,00	3,38	36,63	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,234	304692	0,015	0,015	135,37	138,51
157	55,56	30,29	9502,70	108,15	1,85	30,35	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,194	304692	0,015	0,015	138,51	140,17
158	55,56	38,30	9541,00	108,23	-0,08	38,30	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,245	304692	0,015	0,015	140,17	139,84
159	55,56	25,98	9566,98	110,00	-1,77	26,04	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,167	304692	0,015	0,015	139,84	137,90
160	55,56	54,00	9620,98	110,00	0,00	54,00	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,346	304692	0,015	0,015	137,90	137,56
161	55,56	18,73	9639,71	110,00	0,00	18,73	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,120	304692	0,015	0,015	137,56	137,44
162	55,56	39,08	9678,80	110,00	0,00	39,08	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,250	304692	0,015	0,015	137,44	137,19
163	55,56	32,32	9711,12	110,00	0,00	32,32	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,207	304692	0,015	0,015	137,19	136,98
164	55,56	84,53	9795,65	110,00	0,00	84,53	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,541	304692	0,015	0,015	136,98	136,44
165	55,56	62,99	9858,65	113,72	-3,72	63,10	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,404	304692	0,015	0,015	136,44	132,31
166	55,56	94,86	9953,51	117,89	-4,16	94,95	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,608	304692	0,015	0,015	132,31	127,54
167	55,56	102,74	10056,25	116,10	1,78	102,76	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,657	304692	0,015	0,015	127,54	128,67
168	55,56	32,36	10088,61	116,40	-0,29	32,36	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,207	304692	0,015	0,015	128,67	128,17
169	55,56	53,43	10142,04	119,70	-3,30	53,53	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,342	304692	0,015	0,015	128,17	124,53
170	55,56	79,03	10221,07	120,32	-0,63	79,04	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,506	304692	0,015	0,015	124,53	123,39
171	55,56	104,65	10325,72	125,08	-4,75	104,75	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,670	304692	0,015	0,015	123,39	117,97
172	55,56	89,06	10414,78	135,00	-9,92	89,62	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,573	304692	0,015	0,015	117,97	107,47
173	55,56	101,06	10515,85	135,00	0,00	101,06	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,647	304692	0,015	0,015	107,47	106,83
174	55,56	82,27	10598,12	138,63	-3,63	82,35	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,527	304692	0,015	0,015	106,83	102,67
175	55,56	109,29	10707,41	139,43	-0,80	109,29	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,699	304692	0,015	0,015	102,67	101,17
176	55,56	100,82	10808,23	143,78	-4,35	100,92	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,646	304692	0,015	0,015	101,17	96,17
177	55,56	79,90	10888,13	145,00	-1,22	79,91	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,511	304692	0,015	0,015	96,17	94,44
178	55,56	100,73	10988,86	145,16	-0,16	100,73	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,644	304692	0,015	0,015	94,44	93,64
179	55,56	79,12	11067,97	150,01	-4,86	79,27	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,507	304692	0,015	0,015	93,64	88,28
180	55,56	47,36	11115,34	150,00	0,01	47,36	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,303	304692	0,015	0,015	88,28	87,99
181	55,56	48,95	11164,29	150,88	-0,88	48,96	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,313	304692	0,015	0,015	87,99	86,80
182	55,56	51,94	11216,23	155,00	-4,12	52,10	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,333	304692	0,015	0,015	86,80	82,34
183	55,56	46,33	11262,56	155,20	-0,20	46,33	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,296	304692	0,015	0,015	82,34	81,85
184	55,56	35,89	11298,46	158,56	-3,36	36,05	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,231	304692	0,015	0,015	81,85	78,26
185	55,56	57,46	11355,92	158,91	-0,36	57,46	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,368	304692	0,015	0,015	78,26	77,54
186	55,56	38,70	11394,61	160,00	-1,09	38,71	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,248	304692	0,015	0,015	77,54	76,20
187	55,56	37,96	11432,57	155,00	5,00	38,29	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,245	304692	0,015	0,015	76,20	80,96
188	55,56	32,12	11464,69	157,70	-2,70	32,23	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,206	304692	0,015	0,015	80,96	78,05
189	55,56	21,79	11486,49	160,38	-2,69	21,96	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,141	304692	0,015	0,015	78,05	75,22

190	55,56	62,28	11548,77	160,00	0,38	62,28	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,398	304692	0,015	0,015	75,22	75,21
191	55,56	43,40	11592,16	159,75	0,25	43,40	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,278	304692	0,015	0,015	75,21	75,18
192	55,56	43,85	11636,01	165,92	-6,17	44,28	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,283	304692	0,015	0,015	75,18	68,73
193	55,56	33,20	11669,21	170,00	-4,08	33,45	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,214	304692	0,015	0,015	68,73	64,44
194	55,56	53,13	11722,34	170,00	0,00	53,13	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,340	304692	0,015	0,015	64,44	64,10
195	55,56	53,89	11776,23	171,86	-1,86	53,92	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,345	304692	0,015	0,015	64,10	61,89
196	55,56	28,17	11804,40	173,81	-1,95	28,23	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,181	304692	0,015	0,015	61,89	59,76
197	55,56	96,02	11900,42	174,68	-0,87	96,03	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,614	304692	0,015	0,015	59,76	58,27
198	55,56	49,42	11949,84	175,00	-0,32	49,42	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,316	304692	0,015	0,015	58,27	57,64
199	55,56	48,24	11998,08	175,00	0,00	48,24	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,309	304692	0,015	0,015	57,64	57,33
200	55,56	169,73	12167,81	175,00	0,00	169,73	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	1,086	304692	0,015	0,015	57,33	56,24
201	55,56	34,26	12202,07	180,00	-5,00	34,62	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,221	304692	0,015	0,015	56,24	51,02
202	55,56	77,89	12279,96	180,77	-0,77	77,90	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,498	304692	0,015	0,015	51,02	49,75
203	55,56	95,78	12375,74	185,00	-4,23	95,87	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,613	304692	0,015	0,015	49,75	44,91
204	55,56	121,32	12497,06	185,00	0,00	121,32	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,776	304692	0,015	0,015	44,91	44,13
205	55,56	162,33	12659,39	185,00	0,00	162,33	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	1,039	304692	0,015	0,015	44,13	43,10
206	55,56	83,41	12742,80	190,00	-5,00	83,56	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,535	304692	0,015	0,015	43,10	37,56
207	55,56	161,12	12903,92	195,00	-5,00	161,20	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	1,031	304692	0,015	0,015	37,56	31,53
208	55,56	113,90	13017,82	210,00	-15,00	114,88	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,735	304692	0,015	0,015	31,53	15,80
209	55,56	90,18	13108,00	225,21	-15,21	91,46	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,585	304692	0,015	0,015	15,80	0,00

TOTAL

PÉRDIDAS

83,936

Carga total
necesaria

293,71

300,71

-209,78 13118,67

Cota minima bombeo: 15,43 m
Cota descarga bombeo: 120,20 m
m

Temp.	Viscos	Rugosidad
°C	m ² /s	mm
20	1E-06	0,01

PRODUCCION AGUA DIARIA 4000 m³/h

LLENADO 20 H/DIA 200m³/h

mayorada por perdida de carga 10%

200 m³/h
55,56 l/s

PVC

IMPULSION PRINCIPAL. DEPÓSITO DE MAZACOTE

Pk	Q (l/s)	Proy. (m)	Proy. acumu. (m)	Cota rasante	Desnivel (m)	L (m)	Ø Int. (mm)	DN	V (m/s)	J (m/100m)	Hf (mca)	Re	f	f	Presión entrada (mca)	Presión salida (mca)	
0	55,56	0,00		15,43												151,72	
1	55,56	82,02	82,02	19,03	-3,59	82,10	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,525	253654	0,015	0,015	151,72	147,60	
2	55,56	114,26	196,28	23,56	-4,53	114,35	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,732	253654	0,015	0,015	147,60	142,34	
3	55,56	46,91	243,19	25,20	-1,65	46,94	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,300	253654	0,015	0,015	142,34	140,39	
4	55,56	60,10	303,29	25,00	0,20	60,10	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,385	253654	0,015	0,015	140,39	140,21	
5	55,56	26,14	329,42	25,00	0,00	26,14	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,167	253654	0,015	0,015	140,21	140,04	
6	55,56	75,27	404,69	25,00	0,00	75,27	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,482	253654	0,015	0,015	140,04	139,56	
7	55,56	117,64	522,33	28,13	-3,13	117,68	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,753	253654	0,015	0,015	139,56	135,68	
8	55,56	27,30	549,63	28,06	0,07	27,30	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,175	253654	0,015	0,015	135,68	135,57	
9	55,56	97,25	646,87	30,00	-1,94	97,27	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,622	253654	0,015	0,015	135,57	133,01	
10	55,56	92,00	738,87	31,51	-1,51	92,01	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,589	253654	0,015	0,015	133,01	130,92	
11	55,56	47,16	786,04	33,03	-1,52	47,19	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,302	253654	0,015	0,015	130,92	129,09	
12	55,56	87,57	873,61	35,00	-1,97	87,59	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,560	253654	0,015	0,015	129,09	126,56	
13	55,56	90,06	963,67	36,41	-1,41	90,07	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,576	253654	0,015	0,015	126,56	124,58	
14	55,56	79,39	1043,06	40,00	-3,59	79,47	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,508	253654	0,015	0,015	124,58	120,48	
15	55,56	60,90	1103,96	40,74	-0,74	60,91	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,390	253654	0,015	0,015	120,48	119,34	
16	55,56	33,09	1137,05	42,81	-2,07	33,16	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,212	253654	0,015	0,015	119,34	117,06	
17	55,56	44,35	1181,40	45,00	-2,19	44,40	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,284	253654	0,015	0,015	117,06	114,59	
18	55,56	78,86	1260,26	45,00	0,00	78,86	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,505	253654	0,015	0,015	114,59	114,09	
19	55,56	125,94	1386,20	50,00	-5,00	126,04	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,806	253654	0,015	0,015	114,09	108,28	

20	55,56	151,13	1537,33	55,00	-5,00	151,21	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,967	253654	0,015	0,015	108,28	102,31
21	55,56	48,47	1585,80	55,00	0,00	48,47	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,310	253654	0,015	0,015	102,31	102,00
22	55,56	21,61	1607,41	54,13	0,87	21,63	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,138	253654	0,015	0,015	102,00	102,73
23	55,56	97,94	1705,35	51,56	2,57	97,97	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,627	253654	0,015	0,015	102,73	104,67
24	55,56	120,91	1826,26	46,53	5,03	121,02	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,774	253654	0,015	0,015	104,67	108,93
25	55,56	113,01	1939,26	45,00	1,53	113,02	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,723	253654	0,015	0,015	108,93	109,74
26	55,56	87,59	2026,86	42,60	2,40	87,62	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,561	253654	0,015	0,015	109,74	111,58
27	55,56	59,86	2086,72	40,00	2,60	59,92	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,383	253654	0,015	0,015	111,58	113,79
28	55,56	130,32	2217,04	35,06	4,94	130,41	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,834	253654	0,015	0,015	113,79	117,90
29	55,56	82,80	2299,84	34,42	0,65	82,80	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,530	253654	0,015	0,015	117,90	118,01
30	55,56	62,39	2362,23	32,96	1,46	62,41	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,399	253654	0,015	0,015	118,01	119,08
31	55,56	92,77	2455,01	31,96	1,00	92,78	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,594	253654	0,015	0,015	119,08	119,48
32	55,56	73,94	2528,95	30,44	1,51	73,96	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,473	253654	0,015	0,015	119,48	120,52
33	55,56	95,69	2624,64	29,58	0,86	95,69	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,612	253654	0,015	0,015	120,52	120,77
34	55,56	64,02	2688,66	28,58	1,00	64,03	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,410	253654	0,015	0,015	120,77	121,37
35	55,56	88,85	2777,51	27,74	0,84	88,85	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,568	253654	0,015	0,015	121,37	121,63
36	55,56	114,99	2892,50	26,15	1,59	115,01	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,736	253654	0,015	0,015	121,63	122,49
37	55,56	73,20	2965,70	26,34	-0,19	73,20	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,468	253654	0,015	0,015	122,49	121,83
38	55,56	96,08	3061,78	27,92	-1,58	96,09	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,615	253654	0,015	0,015	121,83	119,63
39	55,56	71,99	3133,77	27,19	0,74	72,00	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,461	253654	0,015	0,015	119,63	119,91
40	55,56	114,98	3248,75	29,65	-2,46	115,01	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,736	253654	0,015	0,015	119,91	116,71
41	55,56	149,52	3398,27	30,00	-0,35	149,52	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,957	253654	0,015	0,015	116,71	115,40
42	55,56	19,77	3418,04	30,00	0,00	19,77	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,126	253654	0,015	0,015	115,40	115,28
43	55,56	109,64	3527,68	34,04	-4,04	109,71	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,702	253654	0,015	0,015	115,28	110,53
44	55,56	116,79	3644,47	35,00	-0,96	116,79	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,747	253654	0,015	0,015	110,53	108,82
45	55,56	90,63	3735,09	35,00	0,00	90,63	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,580	253654	0,015	0,015	108,82	108,25
46	55,56	125,29	3860,39	30,02	4,98	125,39	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,802	253654	0,015	0,015	108,25	112,42
47	55,56	80,69	3941,08	31,00	-0,97	80,70	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,516	253654	0,015	0,015	112,42	110,93
48	55,56	70,07	4011,14	30,00	1,00	70,07	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,448	253654	0,015	0,015	110,93	111,48
49	55,56	113,82	4124,96	30,00	0,00	113,82	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,728	253654	0,015	0,015	111,48	110,75
50	55,56	116,50	4241,46	32,89	-2,89	116,53	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,746	253654	0,015	0,015	110,75	107,11
51	55,56	192,12	4433,58	35,00	-2,11	192,14	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	1,229	253654	0,015	0,015	107,11	103,78
52	55,56	21,70	4455,29	35,00	0,00	21,70	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,139	253654	0,015	0,015	103,78	103,64
53	55,56	138,54	4593,83	35,07	-0,07	138,54	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,886	253654	0,015	0,015	103,64	102,68
54	55,56	276,87	4870,69	39,49	-4,42	276,90	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	1,772	253654	0,015	0,015	102,68	96,49

55	55,56	16,18	4886,87	39,49	0,00	16,18	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,103	253654	0,015	0,015	96,49	96,39
56	55,56	113,32	5000,18	39,61	-0,13	113,32	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,725	253654	0,015	0,015	96,39	95,54
57	55,56	108,86	5109,05	40,00	-0,39	108,86	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,697	253654	0,015	0,015	95,54	94,45
58	55,56	62,94	5171,99	40,00	0,00	62,94	277,0	FDC-250"	0,92	0,582	0,403	253654	0,015	0,015	94,45	94,05
59	55,56	53,06	5225,05	41,39	-1,39	53,08	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,340	304692	0,015	0,015	94,05	92,32
60	55,56	60,73	5285,78	44,16	-2,77	60,79	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,389	304692	0,015	0,015	92,32	89,16
61	55,56	71,47	5357,24	44,61	-0,45	71,47	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,457	304692	0,015	0,015	89,16	88,26
62	55,56	61,70	5418,95	44,46	0,14	61,70	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,395	304692	0,015	0,015	88,26	88,01
63	55,56	23,25	5442,20	44,17	0,30	23,25	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,149	304692	0,015	0,015	88,01	88,15
64	55,56	83,02	5525,22	45,00	-0,83	83,03	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,531	304692	0,015	0,015	88,15	86,79
65	55,56	65,75	5590,97	45,00	0,00	65,75	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,421	304692	0,015	0,015	86,79	86,37
66	55,56	54,57	5645,55	45,00	0,00	54,57	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,349	304692	0,015	0,015	86,37	86,02
67	55,56	25,61	5671,15	46,92	-1,92	25,68	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,164	304692	0,015	0,015	86,02	83,93
68	55,56	56,65	5727,80	48,10	-1,17	56,66	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,363	304692	0,015	0,015	83,93	82,40
69	55,56	62,68	5790,48	49,88	-1,78	62,70	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,401	304692	0,015	0,015	82,40	80,22
70	55,56	11,71	5802,19	50,00	-0,12	11,71	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,075	304692	0,015	0,015	80,22	80,02
71	55,56	40,75	5842,94	50,00	0,00	40,75	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,261	304692	0,015	0,015	80,02	79,76
72	55,56	20,45	5863,39	50,00	0,00	20,45	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,131	304692	0,015	0,015	79,76	79,63
73	55,56	55,77	5919,16	50,14	-0,14	55,77	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,357	304692	0,015	0,015	79,63	79,13
74	55,56	18,19	5937,35	50,87	-0,73	18,21	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,116	304692	0,015	0,015	79,13	78,28
75	55,56	23,49	5960,84	51,81	-0,93	23,51	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,150	304692	0,015	0,015	78,28	77,20
76	55,56	11,83	5972,67	52,26	-0,45	11,84	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,076	304692	0,015	0,015	77,20	76,67
77	55,56	87,87	6060,54	56,04	-3,78	87,95	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,563	304692	0,015	0,015	76,67	72,32
78	55,56	66,01	6126,55	60,00	-3,96	66,13	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,423	304692	0,015	0,015	72,32	67,94
79	55,56	89,72	6216,27	61,51	-1,51	89,73	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,574	304692	0,015	0,015	67,94	65,86
80	55,56	140,87	6357,14	68,75	-7,24	141,06	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,903	304692	0,015	0,015	65,86	57,71
81	55,56	41,93	6399,07	71,76	-3,01	42,04	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,269	304692	0,015	0,015	57,71	54,43
82	55,56	101,96	6501,03	70,00	1,76	101,98	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,652	304692	0,015	0,015	54,43	55,54
83	55,56	165,67	6666,70	75,00	-5,00	165,74	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	1,060	304692	0,015	0,015	55,54	49,48
84	55,56	127,91	6794,61	77,35	-2,35	127,93	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,819	304692	0,015	0,015	49,48	46,31
85	55,56	85,92	6880,54	80,89	-3,54	85,99	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,550	304692	0,015	0,015	46,31	42,22
86	55,56	44,83	6925,37	85,00	-4,11	45,02	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,288	304692	0,015	0,015	42,22	37,83
87	55,56	78,27	7003,64	89,44	-4,44	78,39	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,502	304692	0,015	0,015	37,83	32,89
88	55,56	66,41	7070,04	94,07	-4,63	66,57	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,426	304692	0,015	0,015	32,89	27,83
89	55,56	66,28	7136,32	97,79	-3,72	66,38	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,425	304692	0,015	0,015	27,83	23,68

90	55,56	60,09	7196,41	103,45	-5,66	60,36	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,386	304692	0,015	0,015	23,68	17,64
91	55,56	46,91	7243,33	105,08	-1,63	46,94	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,300	304692	0,015	0,015	17,64	15,71
92	55,56	22,95	7266,28	109,36	-4,28	23,35	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,149	304692	0,015	0,015	15,71	11,28
93	55,56	40,27	7306,55	115,04	-5,69	40,67	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,260	304692	0,015	0,015	11,28	5,33
94	55,56	27,31	7333,87	120,20	-5,16	27,79	230,6	PVC-250"	1,33	0,582	0,178	304692	0,015	0,015	5,33	0,00

-104,77 7338,40

TOTAL
PÉRDIDAS 46,952

4.- Estudio del régimen transitorio

En el presente apartado se realiza el estudio del régimen transitorio de las impulsiones hasta el depósito de Mazacote y la balsa de Tesejerague.

La tubería de impulsión parte de una estación de bombeo y presenta una longitud de 7.334 m hasta el depósito de Mazacote y 13.108 m hasta la balsa de Tesejerague. Las dos impulsiones presentan un tramo común de tubería en su inicio desde la estación de bombeo hasta el p.k. 5+671.

El desnivel máximo considerado desde la estación de bombeo hasta el N.M.N. del depósito de Mazacote es de 111 m. y hasta el N.M.N. de la balsa de Tesejerague es de 218,50 m.

El caudal de bombeo punta se ha establecido en 55,56 l/s, que pueden ir alternativamente a uno u otro depósito.

Debido al desnivel tan desigual entre la estación de bombeo y cada uno de los depósitos, se recomienda emplear un grupo de bombeo diferente para cada uno de los bombeos. Considerando que el llenado de los depósitos es por el fondo, se recomienda que los grupos de bombeo se dispongan con variador de velocidad para absorber las variaciones en el punto de funcionamiento con el máximo rendimiento.

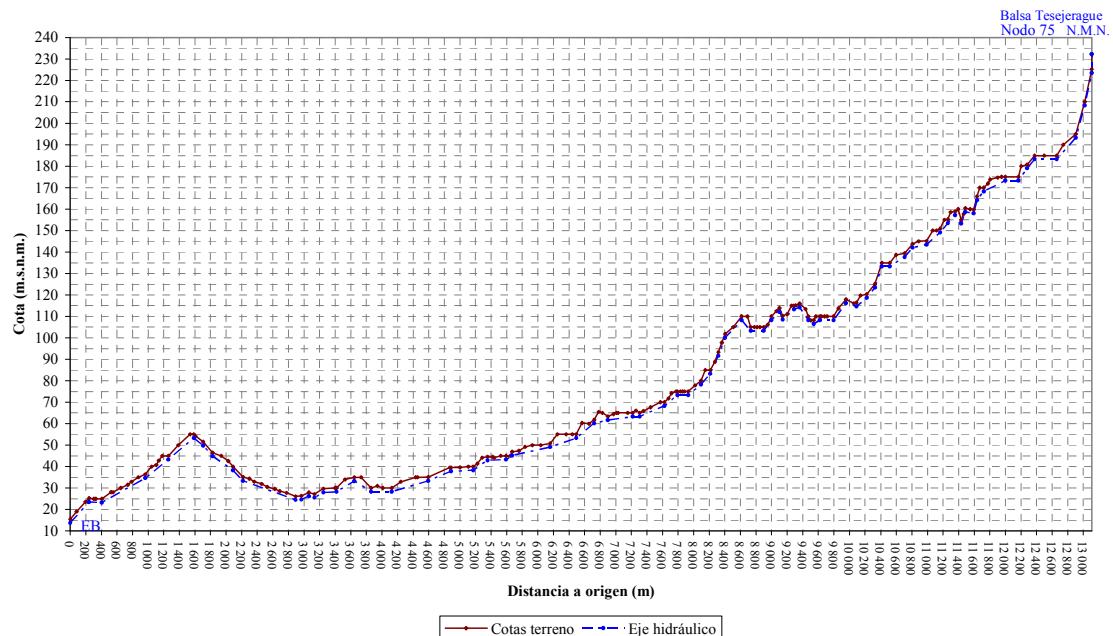
4.1.- Perfil longitudinal tubería

4.1.1 Impulsión a la balsa de Tesejerague

Se ha efectuado un perfil longitudinal del trazado de la conducción desde la estación de bombeo hasta la balsa de Tesejerague.

A continuación se muestran los resultados:

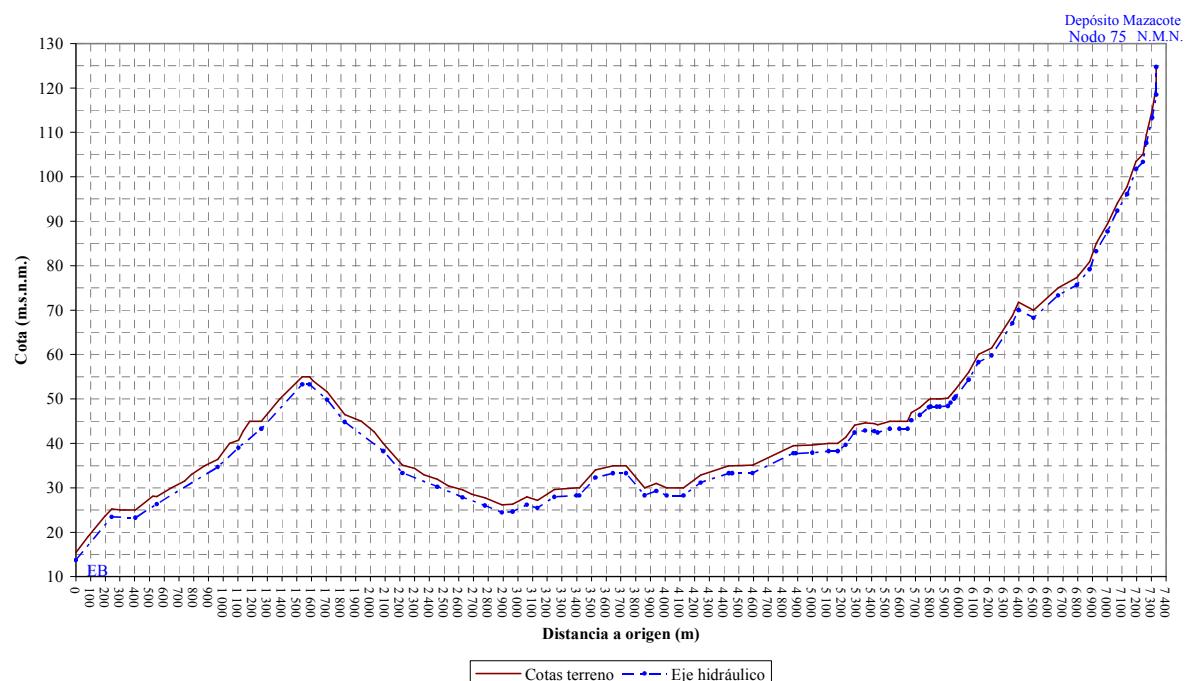
PERFIL LONGITUDINAL IMPULSIÓN BALSA TESEJERAGUE



4.1.1 Impulsión al depósito de Mazacote

Se ha efectuado un perfil longitudinal del trazado de la conducción desde la estación de bombeo hasta el depósito de Mazacote. A continuación se muestran los resultados:

PERFIL LONGITUDINAL IMPULSIÓN DEPÓSITO MAZACOTE



4.2.-Materiales

El caudal punta de la tubería de impulsión se ha establecido en 55,56 l/s.

Al ser las presiones de funcionamiento tan elevadas debido a los fuertes desniveles existentes y al ser el diámetro reducido debido al bajo caudal punta de funcionamiento, en ese rango refuncionamiento se consideran principalmente dos materiales: PVC-O (Orientado molecularmente) y Fundición dúctil.

Los tubos de PVC-O tienen la condición de termoplásticos. La tecnología de fabricación de estos tubos está basada en una reorientación en sentido circunferencial de las moléculas de las tuberías convencionales de PVC-U, de forma que se crea una estructura laminar que mejora notablemente sus características físicas y mecánicas. Se fabrican bajo la norma UNE-ISO 16422:2008 "Tubos y uniones de poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión"

Los tubos de fundición dúctil se clasifican en función de la presión, existiendo una serie de clases de presión. Se fabrican bajo la norma UNE EN 545:2011 "Tubos, racores y accesorios de fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua".

Como el agua a bombear procede de una desaladora se recomienda una protección interior especial para los tubos de fundición de cara a atenuar el fenómeno de corrosión.

Se recomiendan dos tipos de recubrimientos interiores:

- Recubrimiento a base de polímeros termoplásticos (DUCTAN) totalmente impermeable y 300 µm de espesor, aplicada por pulverización en caliente.
- Recubrimiento a base de poliuretano de 700 micras de espesor.

4.3.-Cálculos hidráulicos

Para el cálculo de las tuberías se ha seleccionado el diámetro de 250 mm, la tubería será de PVC-O cuando el timbraje sea inferior o igual a 25 atm y de fundición dúctil C-40 (Clase de presión 40 atm) cuando el timbraje sea superior a 25 atm.

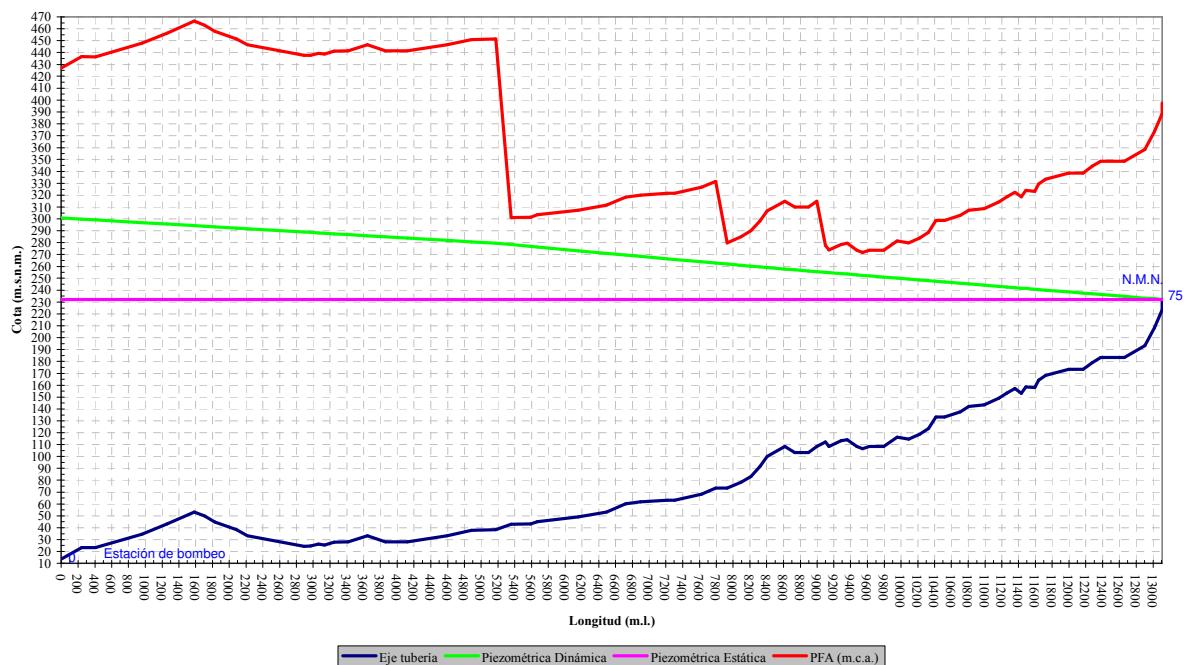
4.3.1 Impulsión a la balsa de Tesejerague

Se realiza a continuación el cálculo de la tubería de impulsión a la balsa de Tesejerague, considerando como cota del N.M.N. de la balsa la cota **232,21 m.s.n.m.**

Debido a la longitud de la tubería (13.108 m) y al importante desnivel acumulado (218,50 m) se considerará un margen de seguridad en los timbrajes de 15 m.c.a.

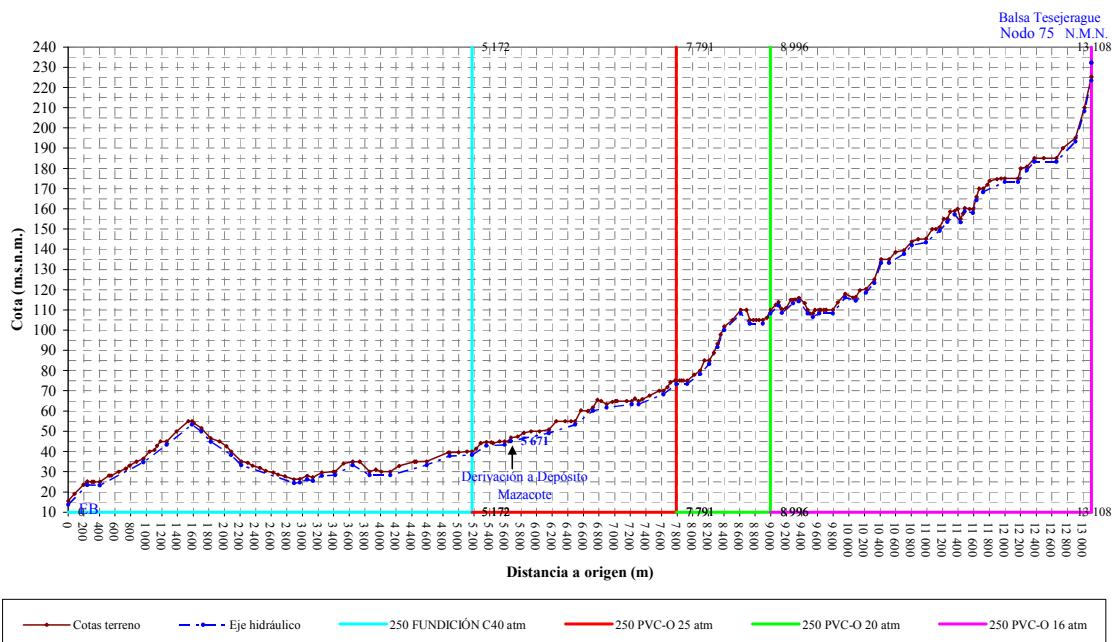
A continuación se exponen las líneas piezométricas:

COTAS PIEZOMÉTRICAS TUBERÍA IMPULSIÓN BALSA TESEJERAGUE



Los materiales, diámetros y timbrajes empleados son:

PERFIL LONGITUDINAL IMPULSIÓN BALSA TESEJERAGUE



Los resultados son:

Altura manométrica: 287.33 m.c.a.

Margen de seguridad en timbrajes: 15 m.c.a.

p.k. Inicial (Proyección)	p.k. Final (Proyección)	DN (mm)	MATERIAL	TIMBRAJE (atm)	LONG. PROY (m)
0+000	5+172	250	FUNCIÓN	40	5 172
5+172	7+791	250	PVC-O	25	2 619
7+791	8+996	250	PVC-O	20	1 205
8+996	13+108	250	PVC-O	16	4 112

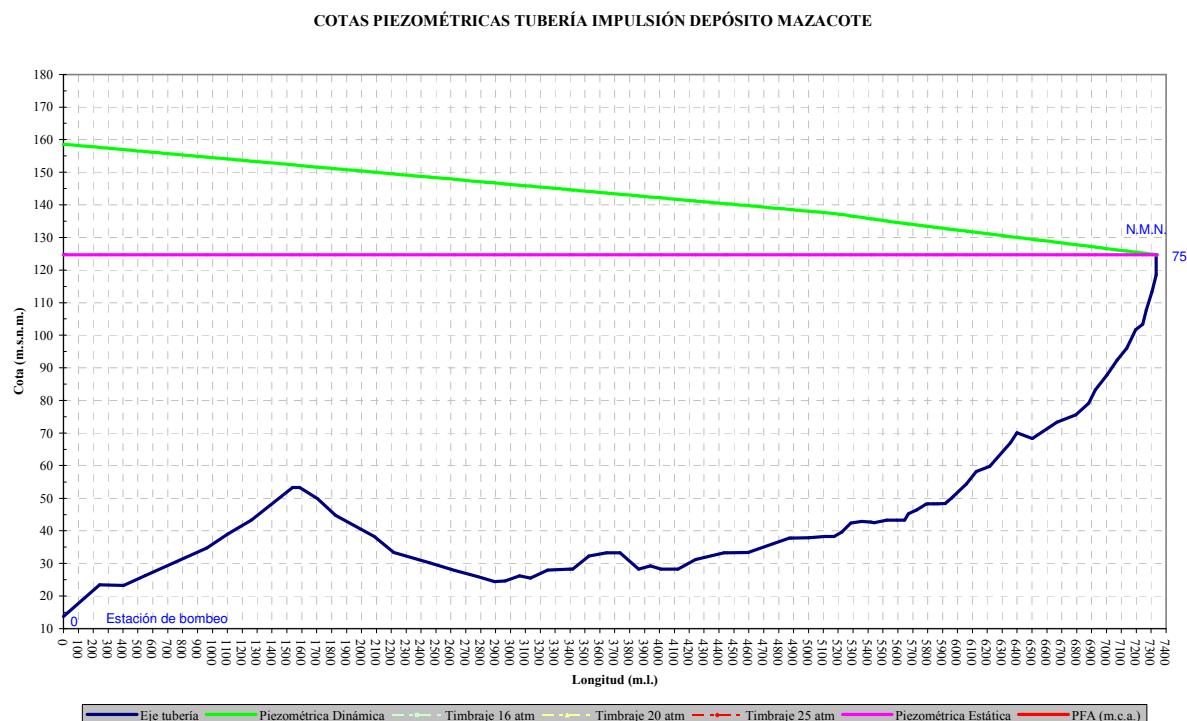
Se observa que en el p.k. 5+671 se encuentra la derivación hacia el depósito de Mazacote.

4.3.1 Impulsión al depósito de Mazacote

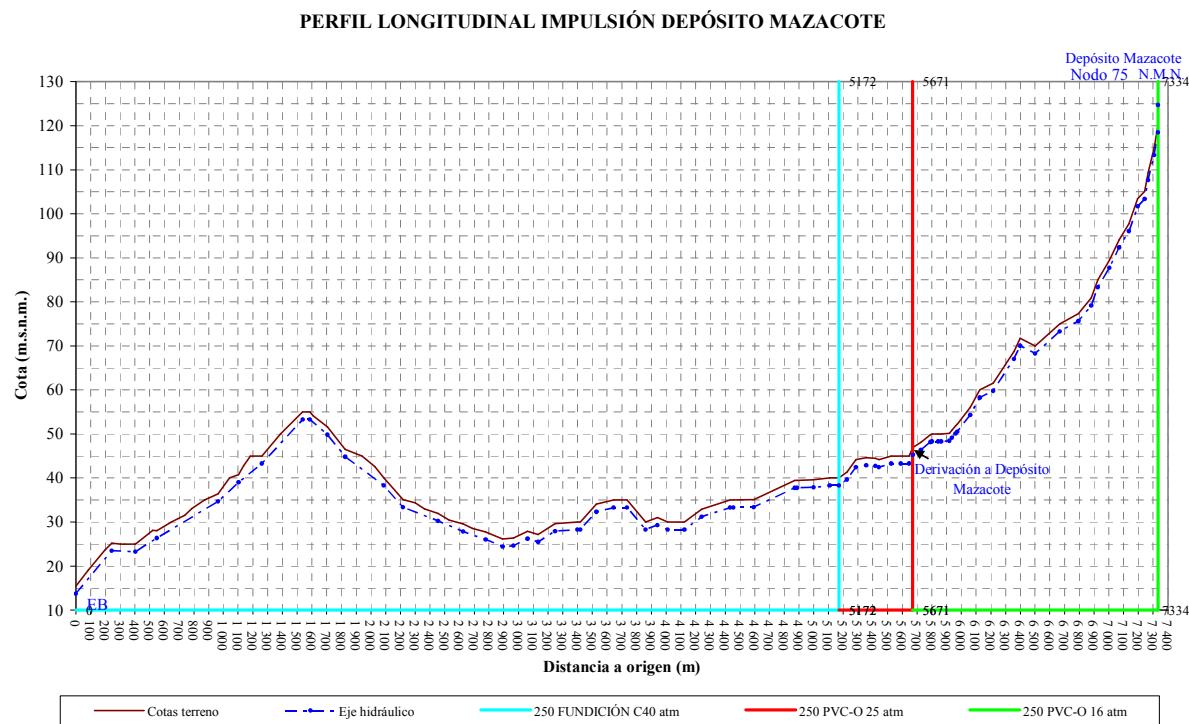
Se realiza el cálculo hidráulico de la tubería de impulsión al depósito de Mazacote considerando que desde el p.k. 0+000 hasta el p.k. 5+671 las tuberías son las calculadas en la impulsión al depósito de Tesejerague.

La cota del N.M.N. del depósito de Mazacote es **124,70 m.s.n.m.**

A continuación se exponen las líneas piezométricas:



Los materiales, diámetros y timbrajes empleados son:



Los resultados son:

Altura manométrica: 145.2 m.c.a.

Margen de seguridad en timbrajes: 10 m.c.a.

p.k. Inicial (Proyección)	p.k. Final (Proyección)	DN (mm)	MATERIAL	TIMBRAJE (atm)	LONG. REAL (m)	LONG. PROY (m)
0+000	5+172	250	FUNCIÓN	40	5 173	5 172
5+172	5+671	250	PVC-O	25	499	499
5+671	7+334	250	PVC-O	16	1 666	1 663

4.4.- Cálculo del régimen transitorio

4.4.1 Impulsión a la balsa de Tesejerague

4.4.1.1 Cálculo analítico

Para el cálculo del transitorio se ha considerado la impulsión dividida en los siguientes tramos:

Tramo	DN (mm)	Dext (mm)	D interior (mm)	Espesor tubo (mm)	Espesor total (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Material
1	250	250	255.00	5.5	9.5	1.09	5 172	FUNDICIÓN
2	250	250	230.60	9.7	9.7	1.33	2 619	PVC-O
3	250	250	230.60	9.7	9.7	1.33	5 317	PVC-O

A la hora de calcular la celeridad de la onda, para el tramo de PVC-O se ha considerado para toda su longitud el mínimo diámetro interior y máximo espesor de entre todos los propuestos para estar del lado de la seguridad.

Al estar constituida por dos materiales diferentes, el régimen transitorio se calculará para una impulsión de características variables.

Se obtienen las siguientes celeridades de onda:

Material	PFA max (atm)	E (kg/cm ²)	K	DN	Di (mm)	e total (mm)	a (m/s)	Longitud (m)
FUNDICIÓN	40	1 700 000	0.59	250	255.00	9.5	1 237	5 172.00
PVC-O	25	45 000	22.22	250	230.60	9.7	412	2 619.00
PVC-O	25	45 000	22.22	250	230.60	9.7	412	5 317.00

La circulación del agua cesa una vez que se han reducido ligeramente el número de revoluciones de la bomba (del orden de un 15%).

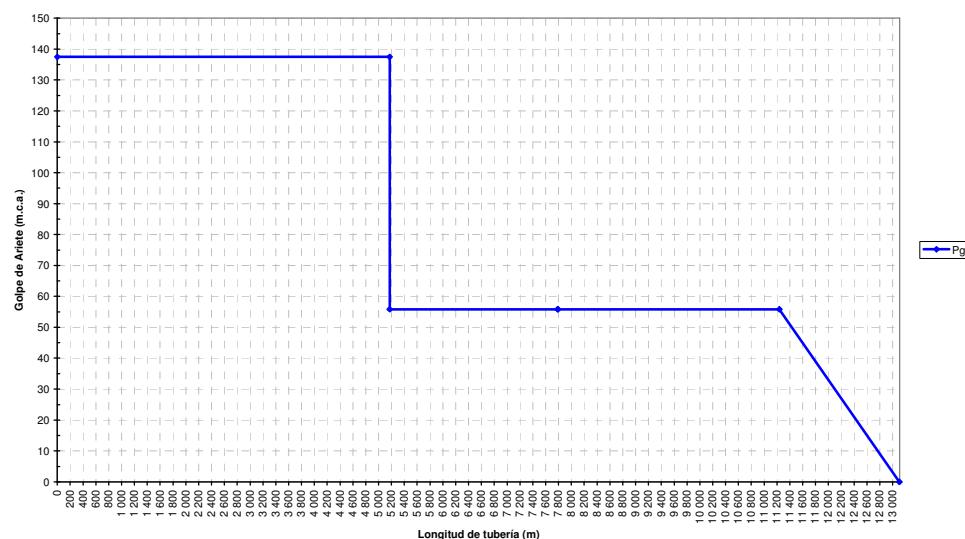
El tiempo de cese de la circulación de agua en la parada de la bomba será:

Hm/L	C	K	T (s)
0.022	1	1	6.69

La longitud crítica será de 1.869,54 m medida desde el final de la conducción.

Material	a (m/s)	V (m/s)	g (m/s ²)	Pg (m.c.a.)
FUNDICIÓN	1 237	1.09	9.81	137.44
PVC-O	412	1.33	9.81	55.86
PVC-O	412	1.33	9.81	55.86

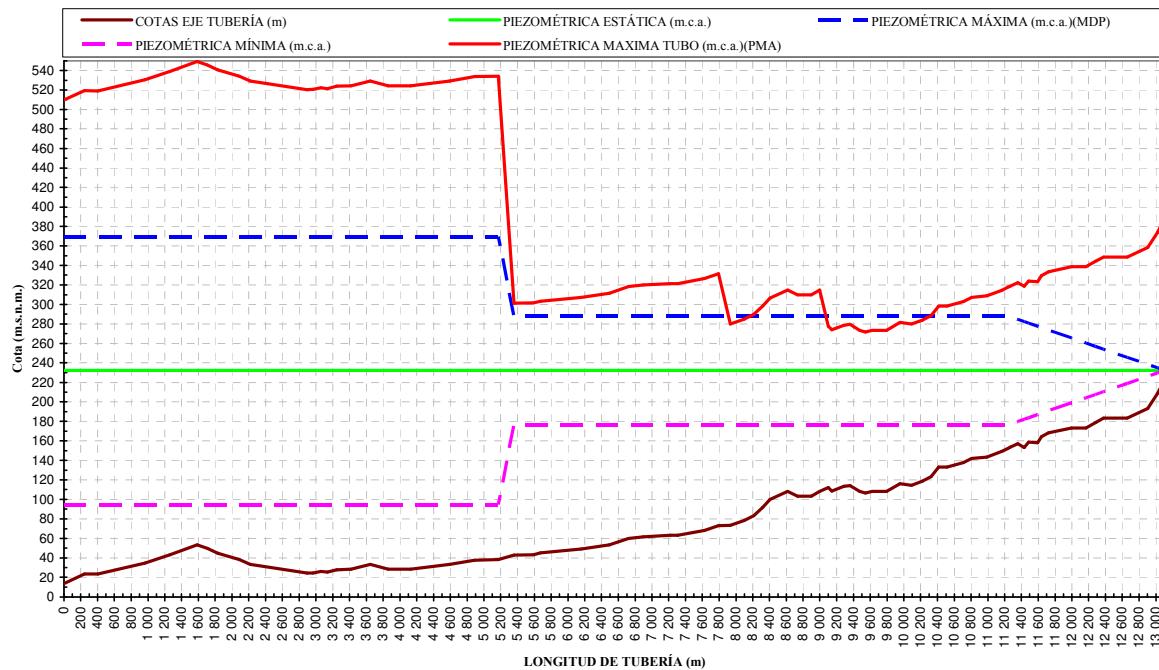
Variación del Golpe de Ariete positivo en Impulsión de características variables



4.4.1.2 Líneas piezométricas

Las líneas piezométricas más desfavorables del régimen transitorio serán:

DIAGRAMA DE LÍNEAS PIEZOMÉTRICAS DEBIDAS AL GOLPE DE ARIETE



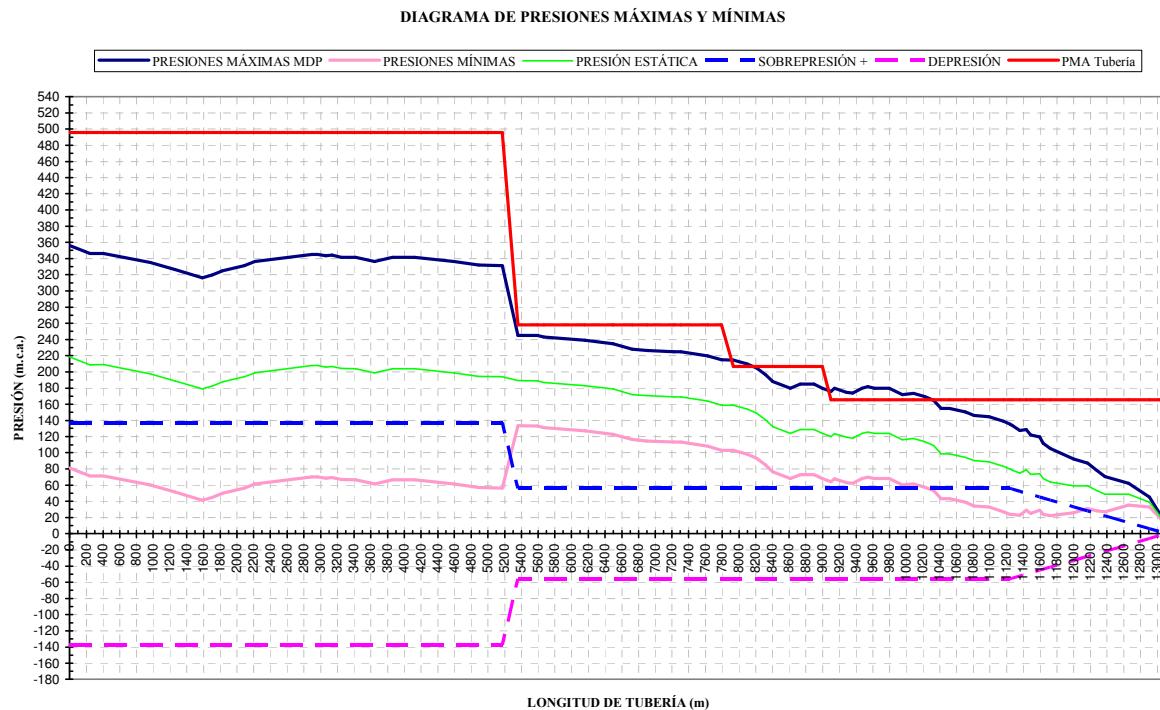
A la vista del gráfico de líneas piezométricas, se observa como existen 2 zonas que podríamos considerar en sobrepresión, al ser la presión registrada en el régimen transitorio superior a la PMA (Presión Máxima Admisible) considerada para las conducciones en función de los timbrajes establecidos en el apartado anterior.

- p.k. 7+931- p.k. 8+095: Existe sobrepresión
- p.k. 9+100- p.k. 10+221: Existe sobrepresión

No se registra ninguna zona sometida a depresión en el trazado de esta impulsión.

4.4.1.3 Presiones

Las presiones registradas en el régimen transitorio más desfavorable serán:



Los tramos de sobrepresión coinciden plenamente con los del apartado anterior.

Se observa como las presiones mínimas están por encima de cero a lo largo de todo el trazado.

4.4.1.4 Conclusiones preliminares

Al no existir ningún punto de depresión en todo el trazado y sólo existir sobrepresión en zonas muy localizadas, para esta impulsión bastaría con disponer de una válvula de alivio rápido ubicada antes de la zona de sobrepresión tarada a una presión ligeramente superior a la de la presión dinámica en el régimen permanente. Sin embargo al ser la impulsión en la parte inicial del recorrido común para dos impulsiones diferentes, se estudiará lo que ocurre en el tramo común de la impulsión al Depósito Mazacote antes de decidir el mecanismo más adecuado para atenuar el régimen transitorio.

4.4.2 Impulsión al depósito de Mazacote

4.4.2.1 Cálculo analítico

Para el cálculo del transitorio se ha considerado la impulsión dividida en los siguientes tramos:

Tramo	DN (mm)	Dext (mm)	D interior (mm)	Espesor tubo (mm)	Espesor total (mm)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Material
1	250	250	255.00	5.5	9.5	1.09	5 172	FUNDICIÓN
2	250	250	230.60	9.7	9.7	1.33	499	PVC-O
3	250	250	230.60	9.7	9.7	1.33	1 663	PVC-O

A la hora de calcular la celeridad de la onda, para el tramo de PVC-O se ha considerado para toda su longitud el mínimo diámetro interior y máximo espesor de entre todos los propuestos para estar del lado de la seguridad.

Al estar constituida por dos materiales diferentes, el régimen transitorio se calculará para una impulsión de características variables.

Se obtienen las siguientes celeridades de onda:

Material	PFA max (atm)	E (kg/cm ²)	K	DN	Di	e total (mm)	a (m/s)	Longitud (m)
FUNDICIÓN	40	1 700 000	0.59	250	255.00	9.5	1 237	5 172.00
PVC-O	25	45 000	22.22	250	230.60	9.7	412	499.00
PVC-O	25	45 000	22.22	250	230.60	9.7	412	1 663.00

La circulación del agua cesa una vez que se han reducido ligeramente el número de revoluciones de la bomba (del orden de un 15%).

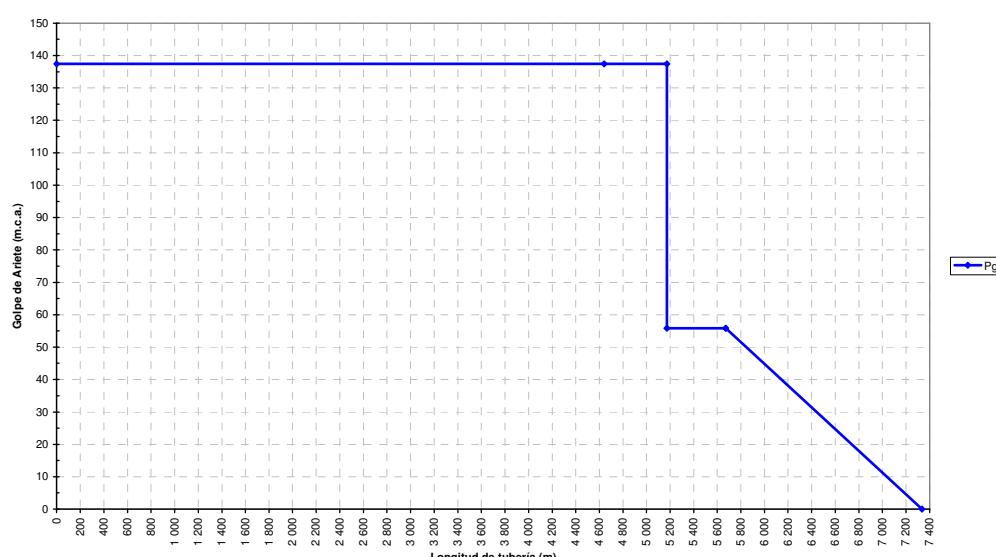
El tiempo de cese de la circulación de agua en la parada de la bomba será:

Hm/L	C	K	T (s)
0.020	1	1	6.93

La longitud crítica será de 2.694,25 m medida desde el final de la conducción.

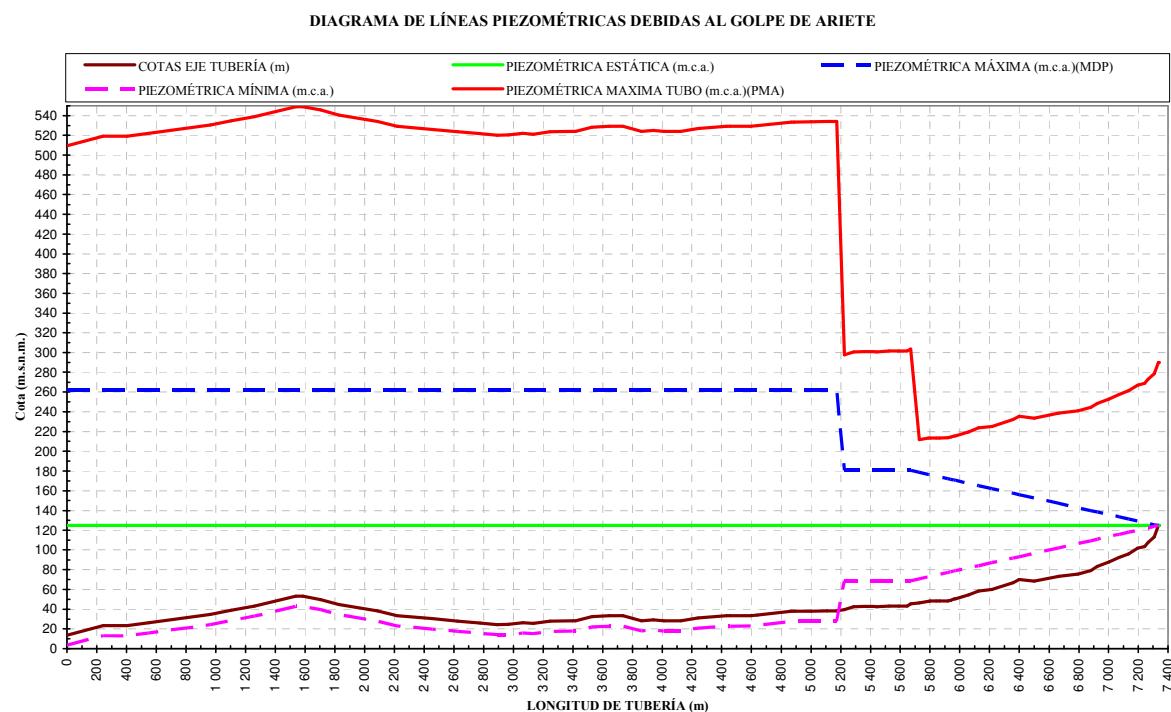
Material	a (m/s)	V (m/s)	g (m/s ²)	Pg (m.c.a.)
FUNDICIÓN	1 237	1.09	9.81	137.44
PVC-O	412	1.33	9.81	55.86
PVC-O	412	1.33	9.81	55.86

Variación del Golpe de Ariete en Impulsión de características variables



4.4.2.2 Líneas piezométricas

Las líneas piezométricas más desfavorables del régimen transitorio serán:



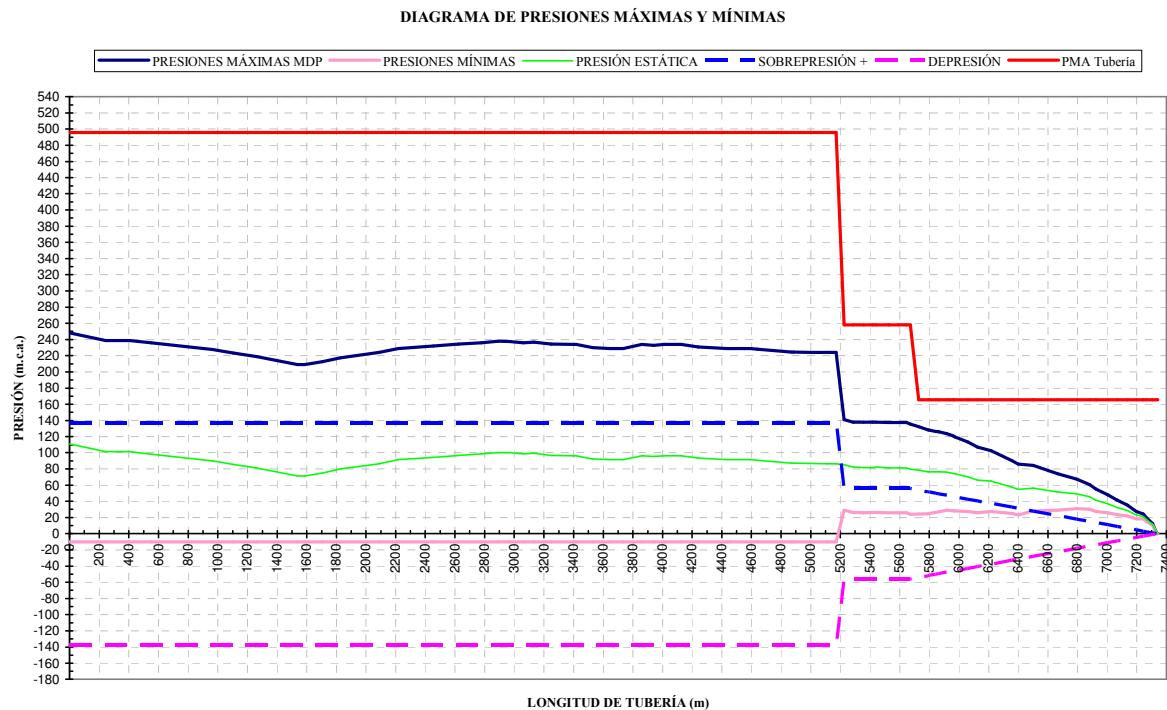
A la vista del gráfico de líneas piezométricas, se observa como existen una zona sometida a depresión

- p.k. 0+000- p.k. 5+172: Existe depresión

No se registra ninguna zona sometida a sobrepresión en el trazado de esta impulsión.

4.4.2.3 Presiones

Las presiones registradas en el régimen transitorio más desfavorable serán:



Los tramos de depresión coinciden plenamente con los del apartado anterior.

Se observa como las presiones máximas están por debajo de la PMA de la conducción a lo largo de todo el trazado.

4.4.2.4 Conclusiones provisionales

En esta impulsión existe un tramo prolongado sometido a depresión y sin embargo no existe sobrepresión. Esta depresión comienza en el origen del bombeo y avanza hacia el final de la conducción.

Dado que en la impulsión a la balsa de Tesejerague existía sobrepresión, y en la impulsión al depósito Mazacote existe depresión, será conveniente disponer un mecanismo que permita solucionar los problemas de los dos casos de impulsión que comparten los primeros 5.671 m del trazado.

4.5.-Dispositivo para atenuar el transitorio

Dado que la impulsión presenta sobrepresiones cuando se bombea hacia la balsa ubicada a cota más alta (Tesejerague) y depresiones cuando se impulsa al depósito más bajo (Mazacote), se dispondrá un único calderín hidroneumático de vejiga que disponga de volumen de gas suficiente para atenuar las sobrepresiones de la impulsión a la balsa y las depresiones de la impulsión al depósito.

Con el dimensionamiento del dispositivo antiariete se busca disponer de la masa de agua suficiente para absorber, con su movimiento, esa energía cinética.

En el cálculo de un calderín se trata de plantear sucesivos balances de energías que intervienen tanto en el movimiento del agua como en la expansión inicial y compresión sucesiva del volumen de aire o gas contenido en el calderín. Las energías que intervienen son las siguientes:

- Energía cinética
- Energía de rozamiento
- Energía de gravedad
- Energía de expansión (calderín)
- Energía de compresión (calderín)

4.5.1 Impulsión a la balsa de Tesejeraque

1.- DATOS DE PARTIDA

Longitud de la impulsión L =	13	m
Caudal impulsado Q ₁ =	108	m ³ /s
Diámetro interno de la tubería de impulsión D medio =	0.056	m
Altura geométrica desde la unión tubería-calderín hasta el vertido del agua H =	0.240	m
Pérdida de carga en la impulsión =	4	m
Velocidad media conducción =	218.5	m
Variación de presión en los cambios de sección =	68.77	m
Altura manométrica h ₀ =	1.22	m/s
Presión absoluta en el calderín en régimen de impulsión P ₀ =	0.00	m.c.a
Presión relativa en el calderín en régimen de impulsión P _{0'} =	287.3	.
Coeficiente de pérdida de carga de Darcy B (estimado) =	5	m
Volumen de aire en el calderín en régimen de impulsión (valor que se comprueba): V ₀ =	297	kp/m ²
	676	
	28.73	kp/c
	0.001	m ²
	4	s ² /m
	2.03	m ³

2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS. BALANCES ENERGÉTICOS

2.1.- Primera ecuación.

Caída del nivel de agua en el calderín desde el punto de régimen de impulsión hasta la máxima depresión

Energía cinética: $E_{c1} =$

$$45\,495 \quad \text{kpm}$$

Energía de expansión: $E_{ex1} =$

$$1\,510 \quad [1-(1+\alpha_1)^{0,4}] \quad \text{kpm}$$

Energía de rozamiento: $E_{r1} =$

$$69\,802 \quad \alpha_1 \quad \text{kpm},$$

Energía de gravedad: $E_{g1H} =$

$$464\,525 \quad \alpha_1 \quad \text{kpm}$$

Condición a cumplir: $E_{c1}+E_{ex1} = 0.52307577$
 $E_{r1}+E_{g1H} \quad \alpha_1 = 7$

Tamaño mínimo del calderín a instalar: $V_1 = 3.09 \quad \text{m}^3$

Presión absoluta mínima en el calderín y en la tubería: $P_1 = 165\,171 \quad \text{kp/m}^2$

Presión relativa mínima en el calderín y en la tubería: $P_1 = 15.48 \quad \text{kp/cm}^2 = 154.84 \quad \text{m.c.a.}$

2.2.- Segunda ecuación.

Subida del nivel de agua en el calderín desde el punto de máxima depresión hasta el punto en que estaba en régimen de impulsión

Energía cinética: $E_{c2} = 14\,737\,925 \quad Q_2^2 \quad \text{kpm}$

Energía de expansión: $E_{ex1} = 233\,999 \quad \text{kpm}$

Energía de rozamiento: $E_{r2} = 11\,827\,833 \quad Q_2^2 \quad \text{kpm},$

Energía de gravedad: $E_{g1H} = 242\,982 \quad \text{kpm}$

Condición a cumplir: $Q_2 = 0.0184 \quad \text{m}^3/\text{s}$
 $E_{c2}+E_{ex1}+E_{r2} = E_{g1H}$

2.3.- Tercera ecuación.

Subida del nivel de agua en el calderín desde el punto de régimen de impulsión hasta el punto de máxima sobrepresión

Energía cinética: $E_{c2} = 4\,984 \quad \text{kpm}$

Energía de gravedad: $E_{g3H} = 464\,525 \quad \alpha_2 \quad \text{kpm}$

Energía de rozamiento: $E_{r3} = 7\,646 \quad \alpha_2 \quad \text{kpm}$

Energía de compresión: $E_{co3} = -1\,510\,705 \quad [1-(1-\alpha_2)^{0,4}] \quad \text{kpm}$

Condición a cumplir: $E_{c2}+E_{g3H} = E_{r3}+E_{co3} \quad \alpha_2 = 0.030984339$

Volumen de aire en el calderín en máxima compresión: $V_2 = 1.97 \quad \text{m}^3$

Presión absoluta máxima en el calderín y en la tubería: $P_2 = 311\,086 \quad \text{kp/m}^2$

$$\text{Presión relativa máxima en el calderín y en la tubería: } P_2' = \quad 30.08 \quad \text{kp/cm}^2 \quad = \quad 300.76 \quad m.c.a.$$

3.- PRESIONES DE HINCHADO VEJIGA

Presión de hinchado régimen permanente (Impulsión): $P_f = \frac{28.7}{3} = 9.5$ kp/cm²

$$\text{Volumen de la vejiga en el régimen permanente: } V_f = 2.03 \text{ m}^3$$

Presión inicial de hinchado vejiga: **10.2** kp/cm² **102.0** m.c. **10.0** bar
 $P_0 =$ **0** = **0** a. **0** r

Volumen de la vejiga para presión inicial de hinchado: $V_0 =$ **4.25** m³

Presión en el calderín en situación estática: $P_e = \frac{21.8}{5} = 0$ kp/cm²

Volumen de la vejiga en situación estática: $V_e =$

Cuando bombean al depósito bajo

Presión en el calderín en situación estática: $P_e = \frac{111.0}{10.8} = 10$ kp/cm²

Volumen de la vejiga en situación estática: $V_e =$

$$\text{Presión en el calderín en situación dinámica: } Pe = \frac{14.5}{2} \text{ kp/cm}^2 = 0 \text{ a. } 14.2 \text{ ba r}$$

Volumen de la vejiga en situación dinámica: $V_e = 3.31 \text{ m}^3$

Líneas piezométricas y presiones Impulsión a la balsa de Tesejeraque

PIEZOMÉTRICAS IMPULSIÓN CON CALDERÍN

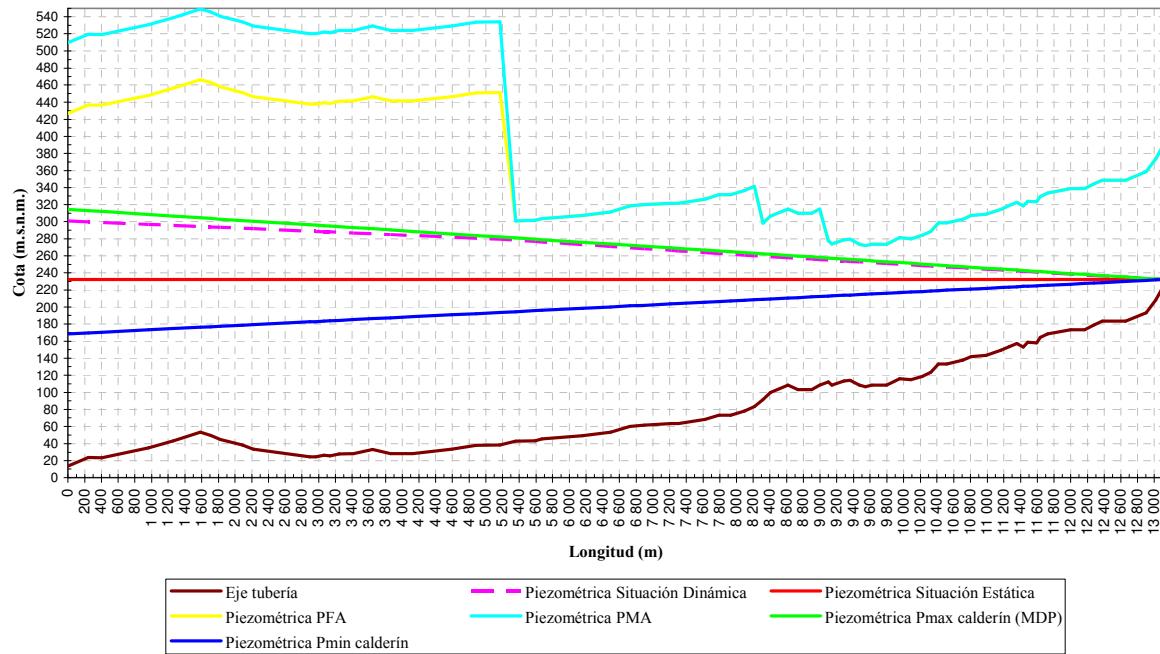
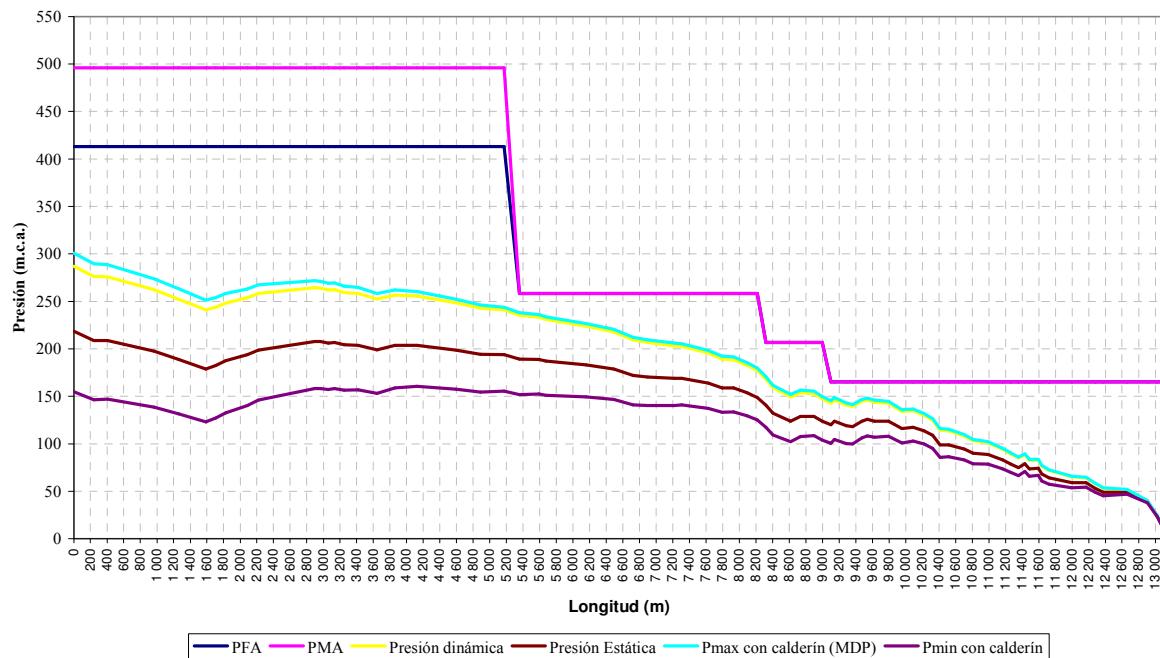


GRÁFICO DE PRESIONES EN LA IMPULSIÓN CON CALDERÍN



4.5.2 Impulsión al depósito de Mazacote

1.- DATOS DE PARTIDA

Longitud de la impulsión L =	7 334	m
Caudal impulsado Q_1 =	0.056	m^3/s
Diámetro interno de la tubería de impulsión D medio =	0.247	
Altura geométrica desde la unión tubería-calderín hasta el vertido del agua H =	9	m
Pérdida de carga en la impulsión =	111.0	m
Velocidad media conducción =	34.14	m
Variación de presión en los cambios de sección =	1.15	m/s
Altura manométrica h_0 =	0.00	m.c.a
Presión absoluta en el calderín en régimen de impulsión P_0 =	145.2	
Presión relativa en el calderín en régimen de impulsión P_0' =	14.52	kp/m^2
Coeficiente de pérdida de carga de Darcy B (estimado) =	0.001	
Volumen de aire en el calderín en régimen de impulsión (valor que se comprueba): V_0 =	4	s^2/m
	537	
	155	kp/c
	537	m^2
	1	m
	14.52	
	3.30	m^3

2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS. BALANCES ENERGÉTICOS

2.1.- Primera ecuación. Caída del nivel de agua en el calderín desde el punto de régimen de impulsión hasta la máxima depresión

Energía cinética: E_{c1} =	23 948	kpm
Energía de expansión: E_{ex1} =	1 283 184	$\frac{[1-(1+\alpha_1)^{0.4}]}{2}$ kpm
Energía de rozamiento: E_{r1} =	56 331	α_1 kpm,
Energía de gravedad: E_{g1H} =	400 389	α_1 kpm

$$\text{Condición a cumplir: } E_{c1} + E_{ex1} = E_{r1} + E_{g1H} \quad \alpha_1 = 0.420389$$

Tamaño mínimo del calderín a instalar: V_1 =	4.69	m^3
Presión absoluta mínima en el calderín y en la tubería: P_1 =	95 162	kp/m^2 = 9.52
Presión relativa mínima en el calderín y en la tubería: P'_1 =	8.48	kp/cm^2 = 84.83 m.c.a.

2.2.- Segunda ecuación. Subida del nivel de agua en el calderín desde el punto de máxima depresión hasta el punto en que estaba en régimen de impulsión

Energía cinética: E_{c2} =	7 757 758	Q_2^2 kpm
Energía de expansión: E_{ex1} =	168 053	kpm

Energía de rozamiento: $E_{r2} = 7671406 Q_2^2$ kpm,

Energía de gravedad: $E_{g1H} = 168319$ kpm

$$\text{Condición a cumplir: } E_{c2} + E_{ex1} + E_{r2} = E_{g1H} \rightarrow Q_2 = 0.0042 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.3.- Tercera ecuación. Subida del nivel de agua en el calderín desde el punto de régimen de impulsión hasta el punto de máxima sobrepresión

Energía cinética: $E_{c2} = 134$ kpm

Energía de gravedad: $E_{g3H} = 400389 \alpha_2$ kpm

Energía de rozamiento: $E_{r3} = 315 \alpha_2$ kpm

Energía de compresión: $E_{co3} = -1283184 [1-(1-\alpha_2)^{0.4}]$ kpm

$$\text{Condición a cumplir: } E_{c2} + E_{g3H} = E_{r3} + E_{co3} \quad \alpha_2 = 0.001179567$$

Volumen de aire en el calderín en máxima compresión: $V_2 = 3.30$ m³

Presión absoluta máxima en el calderín y en la tubería: $P_2 = 155795$ kp/m² = 15.58

Presión relativa máxima en el calderín y en la tubería: $P'_2 = 14.55$ kp/cm² = 145.46 m.c.a.

3.- PRESIONES DE HINCHADO
VEJIGA

Presión de hinchado régimen permanente (Impulsión): $P_f = 14.52$ kp/cm² = 145.2 m.c. 1 a. 14.2 ba

Volumen de la vejiga en el régimen permanente: $V_f = 3.3$ m³

Presión inicial de hinchado vejiga: $P_0 = 10.20$ kp/cm² = 102.0 m.c. 0 a. 10.0 ba

Volumen de la vejiga para presión inicial de hinchado: $V_0 = 4.25$ m³

Presión en el calderín en situación estática: $P_e = 11.1$ kp/cm² = 111.0 m.c. 0 a. 10.8 ba

Volumen de la vejiga en situación estática: $V_e = 4.00$ m³

**Cuando bombean al depósito
Alto**

Presión en el calderín en situación estática: $P_e = 21.85$ kp/cm² = 218.5 m.c. 0 a. 21.4 ba

Volumen de la vejiga en situación estática: $V_e = 2.46$ m³

Presión en el calderín en situación dinámica: $P_d = 28.73$ kp/cm² = 287.3 m.c. 28.1 ba
ANEJO 1

5 = 5 a. 6 r

Volumen de la vejiga en situación dinámica: Vd = 2.03 m³

Líneas piezométricas y presiones Impulsión al depósito de Mazacote

PIEZOMÉTRICAS IMPULSIÓN CON CALDERÍN

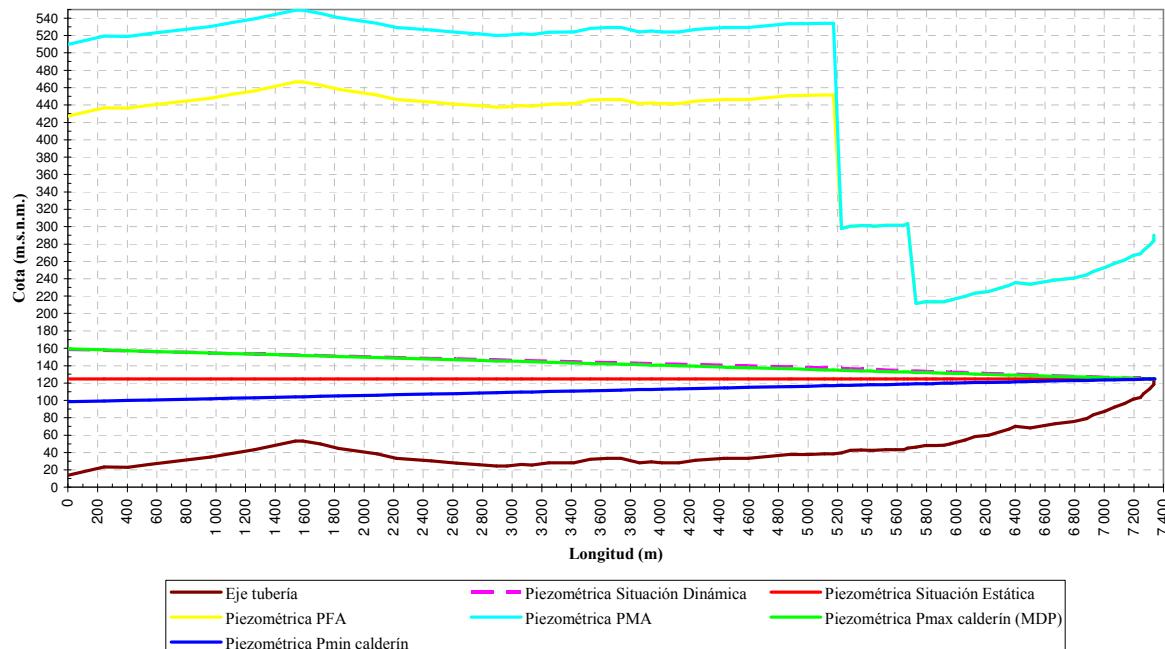
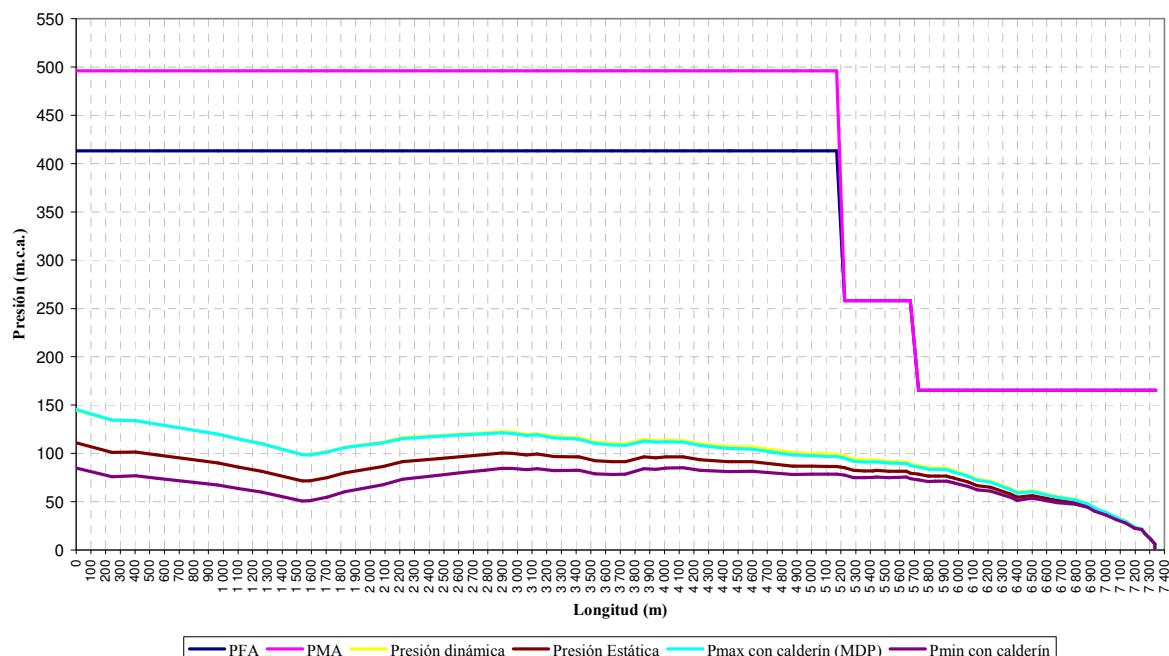


GRÁFICO DE PRESIONES EN LA IMPULSIÓN CON CALDERÍN



4.5.3 Dispositivo seleccionado

A la vista de los resultados de los apartados anteriores se recomienda la instalación de un calderín hidroneumático de vejiga, en posición vertical con un volumen total de 6 m³ y un timbraje de 40 atm. El calderín se instalará con la pertinente valvulería de seccionamiento y un by-pass de la válvula de seccionamiento con una válvula antirretorno que permita la salida de agua del calderín con mayor facilidad.

El timbraje de toda la valvulería y de los colectores de acero se recomienda que sea al menos de 32 atm.

Las características de presión y volumen del calderín cuando impulsa a la balsa de Tesejerague serán:

Presión de hinchado régimen permanente (Impulsión): $P_f = \frac{28.7}{3} = 9.5$ kp/cm² 287.3 m.c. 28.1 ba

Volumen de la vejiga en el régimen permanente: $V_f = \frac{2.03}{2.03} = 1$ m³

Presión inicial de hinchado vejiga: $P_o = \frac{10.2}{0} = 0$ kp/cm² 102.0 m.c. 10.0 ba

Volumen de la vejiga para presión inicial de hinchado: $V_o = \frac{4.25}{4.25} = 1$ m³

Presión en el calderín en situación estática: $P_e = \frac{21.8}{5} = 0$ kp/cm² 218.5 m.c. 21.4 ba

Volumen de la vejiga en situación estática: $V_e = \frac{2.47}{2.47} = 1$ m³

Las características de presión y volumen del calderín cuando impulsa al depósito de Mazacote serán:

Presión de hinchado régimen permanente (Impulsión): $P_f = \frac{14.5}{2} = 1$ kp/cm² 145.2 m.c. 14.2 ba

Volumen de la vejiga en el régimen permanente: $V_f = \frac{3.3}{3.3} = 1$ m³

Presión inicial de hinchado vejiga: $P_o = \frac{10.2}{0} = 0$ kp/cm² 102.0 m.c. 10.0 ba

Volumen de la vejiga para presión inicial de hinchado: $V_o = \frac{4.25}{4.25} = 1$ m³

Presión en el calderín en situación estática: $P_e = \frac{11.1}{11.1} = 0$ kp/cm² 111.0 m.c. 10.8 ba

Volumen de la vejiga en situación estática: $V_e = \frac{4.00}{4.00} = 1$ m³

El calderín cumplirá todos estos puntos de funcionamiento.

4.6.- Conclusiones y recomendaciones

Se ha realizado el cálculo de transitorios con los datos de diámetro y perfil longitudinal suministrados.

Características del calderín a instalar:

- Calderín hidroneumático de vejiga
- Volumen total calderín: 6 m³
- Timbraje calderín: 40 atm
- Presión inicial de hinchado: 10 bar
- Volumen ocupado por vejiga a presión inicial: 4,25 m³

Recomendaciones:

- Se timbrará toda la valvulería y piezas especiales acorde a la presión máxima que deben soportar los componentes, prestando especial atención al timbraje de los elementos situados en la estación de bombeo, tanto válvulas como espesor de los colectores de acero.
- Las dos impulsiones comparten un tramo común en los primeros 5.671 m, presentando alturas manométricas muy diferentes cuando se bombea a uno u otro depósito. Para obtener el máximo rendimiento de la instalación, se recomienda **emplear grupos de bombeo diferentes para una u otra impulsión** y si el llenado es por el fondo de los depósitos se recomienda además que cada uno de estos grupos de bombeo funcione con un variador de velocidad.
- Es preferible realizar el bombeo a los diferentes depósitos de manera independiente de manera que en el punto de bifurcación (**p.k. 5+671**) se **instalen válvulas de seccionamiento que corten indistintamente uno u otro ramal**. De esta manera se conseguirá que cuando se bombee al depósito superior las altas presiones del régimen permanente o transitorio no afecten al ramal del depósito mazacote, pudiendo timbrar este tramo a menor presión. Así mismo cuando se bombee al depósito inferior las presiones estáticas del depósito superior no afectarán al bombeo.
- Las pérdidas de carga para estos diámetros y caudales parecen excesivas por lo que puede ser interesante aumentar los diámetros para disminuir los costes energéticos.