



JORNADA TÉCNICA: VÁLVULAS HIDRÁULICAS, VENTOSAS Y PIEZAS ESPECIALES EN LA REDES DE RIEGO

**SOLUCIONES A LOS
TRANSITORIOS EN OBRAS
DE MODERNIZACIÓN DE
REGADÍOS. CASOS
PRÁCTICOS**



SOLUCIONES A LOS TRANSITORIOS EN OBRAS DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS. CASOS PRÁCTICOS





¿QUÉ ES EL GOLPE DE ARIETE?

Se trata de un fenómeno oscilatorio de presión en el interior de la tuberías producido por un cambio brusco de la velocidad del agua.

La energía de la velocidad que lleva el agua disminuye bruscamente ante un obstáculo y se convierte en energía de presión (sobrepresión) comprimiendo la columna de agua próxima al obstáculo.

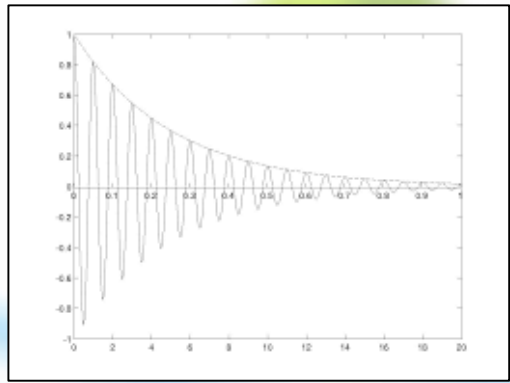
ECUACIÓN DE BERNOULLI / PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g h_2$$

Punto 1: antes del cierre de válvula

Punto 2: tras el cierre de la válvula

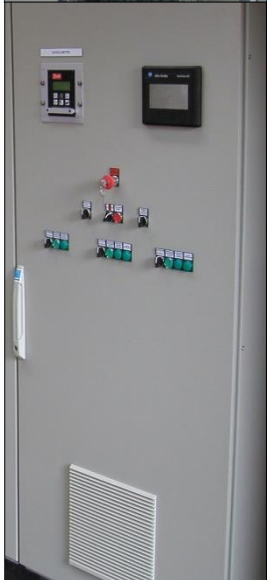
Tras el cierre de válvula $V_2 = 0$ m/s lo que obliga a que P_2 aumente bruscamente



A continuación la columna de agua próxima al obstáculo se descomprime (subpresión) provocando la compresión de las secciones del fluido aguas abajo generando una onda que se transmite en esa dirección amortiguándose en el tiempo.



¿QUÉ ES EL GOLPE DE ARIETE?





CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE

※ FÓRMULA DE JOUKOWSKY

$\Delta P = \rho \cdot a \cdot \Delta v$, donde ρ densidad fluido

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + K_c \frac{D_i}{e}}}$$

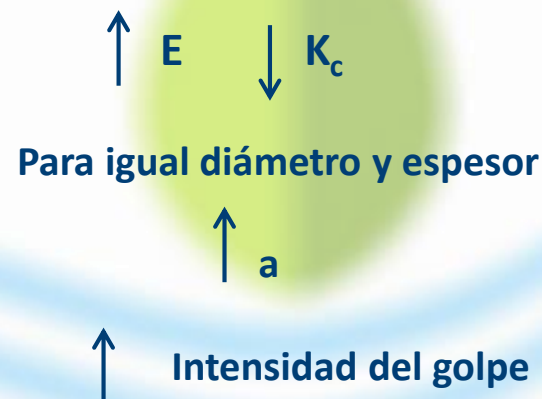
- a: celeridad de la onda en m/s
- K_c : parámetro adimensional
- D_i : diámetro interior en mm
- e: espesor de la tubería en mm

$$RCE = SN = \frac{E_t \cdot I}{D_m^3}$$

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

E: modulo de elasticidad material de la tubería en kg/m²

| MATERIAL | E (kg/m ²) | Kc | Dm (mm) | e (mm) | a (ms) |
|-----------|------------------------|-------|---------|--------|--------|
| FUNDICIÓN | 17X10 ⁹ | 0,59 | 500 | 9 | 1.100 |
| ACERO | 21X10 ⁹ | 0,48 | 500 | 5 | 1.011 |
| HORMIGÓN | 3X10 ⁹ | 3,33 | 500 | 40 | 1.044 |
| PVC-U | 3X10 ⁹ | 33,33 | 500 | 24 | 363 |
| PE | 10 ⁸ | 100 | 500 | 24 | 214 |
| PRFV | 2X10 ⁹ | 5 | 500 | 7 | 492 |



CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE

$$t_c = \frac{2L}{a}$$

t_c : TIEMPO CRÍTICO (seg.). Lo que tarda la onda en recorrer un ciclo, ida y vuelta completa por la tubería

L: LONGITUD DE LA CONDUCCIÓN DESDE ORIGEN HASTA VÁLVULA (m)

a: CELERIDAD DE LA ONDA (m/s)

Se trata de CIERRE LENTO si el tiempo de maniobra de cierre de la válvula (t_M) es $>$ a t_c

Ecuación de MICHAUD

$$\Delta H = \pm \frac{2 * L * U}{g * t_M}$$

Se trata de CIERRE RÁPIDO si el tiempo de maniobra de cierre de la válvula (t_M) es $<$ a t_c

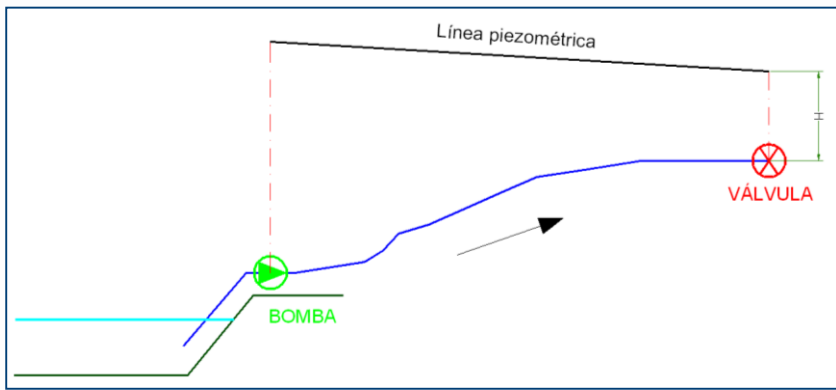
Ecuación de ALLIEVI

$$\Delta H = \pm \frac{a * U}{g}$$



CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE

Ejemplo:



DATOS:

L: 800 m Material: PE100

DN: 200 mm PN: 10 bar

Q: 55 l/s **Tm: 6 s** H: 70 m

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

MENDILUCE

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + 100 \frac{176,2}{11,9}}} = 253 \text{ m/s}$$

$$t_c = \frac{2 \times 800}{253} = 6,3 \text{ s} > t_m \text{ (6 segundos) CIERRE RÁPIDO}$$

$$U = \frac{Q}{S} = \frac{0,055}{0,0243} = 2,3 \text{ m/s}$$

$$\text{Allievi } \Delta H = \pm \frac{253 \times 2,3}{9,8} = \pm 59 \text{ mca}$$

$$P_{MAX} = (Hg + \Delta H) < PMA$$

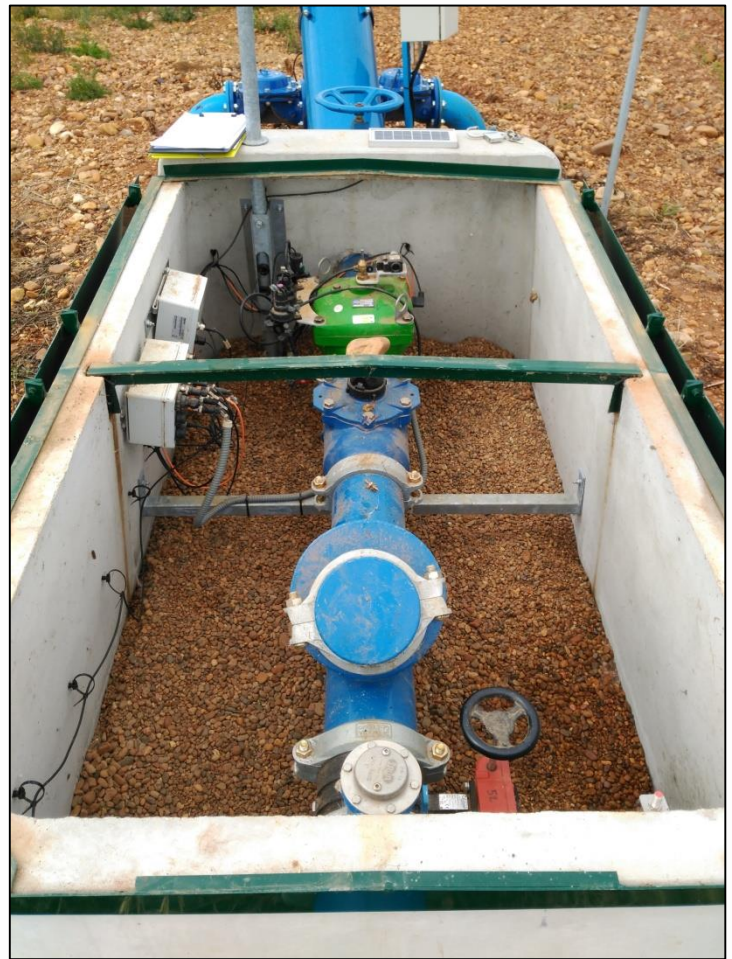
70 mca + 59 mca = 129 mca > 100 mca (PMA) DAÑOS POR GOLPE DE ARIETE

> PN 10

MAL DISEÑO PROTECCIÓN



CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS



Tiempo estimado de cierre: 15 s



Tiempo estimado de cierre: 20 s



CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS

**VÁLVULA MARIPOSA DN 500 (enterrada) + REDUCTOR
48 Vueltas volante. Tiempo estimado apertura: 3-4 min**



**VÁLVULA COMPUERTA DN 250 enterrada + VOLANTE
37 Vuelta volante. Tiempo estimado de apertura: 4-5 min**



CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS

PARADA BRUSCA DE BOMBEO:

CORTE SUMINISTRO / AVERÍA TRANSFORMADOR. PEOR EN IMPULSIÓN A BALSA





CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS

ARRANQUE Y PARADAS DE BOMBAS:

EJEMPLO: COLECTOR ASPIRACIÓN DN 2.200 mm DE CANAL/BALSA HASTA EB DE 6KM





CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS

ARRANQUE Y PARADAS DE BOMBAS:

EJEMPLO: COLECTOR ASPIRACIÓN DN 2.200 mm DE CANAL/BALSA HASTA EB DE 6KM

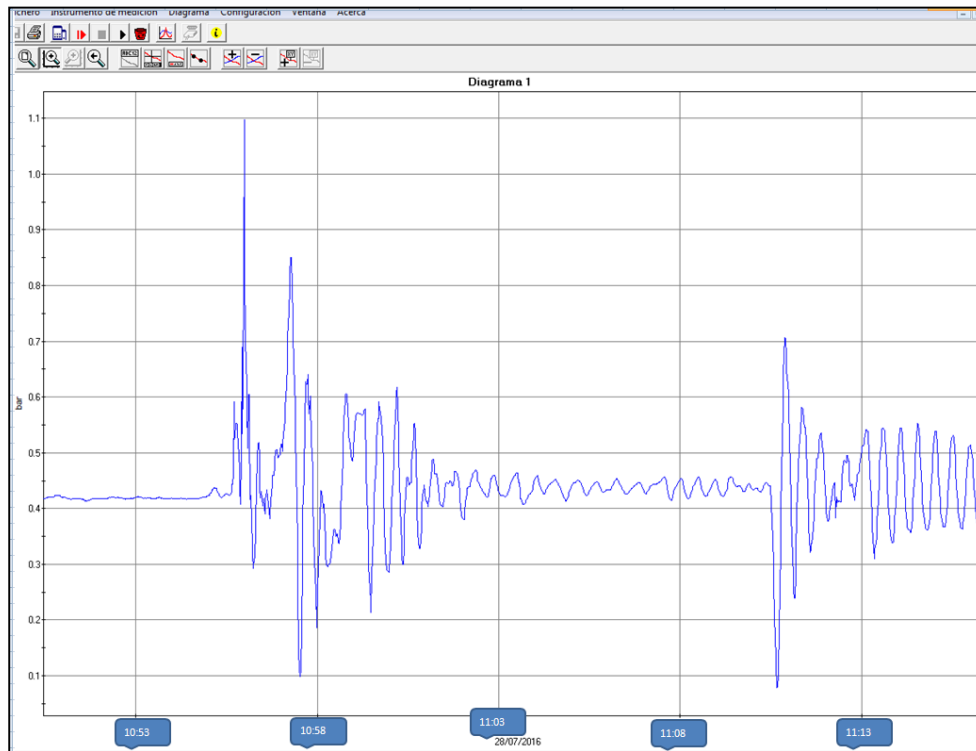




CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS

ARRANQUE Y PARADAS DE BOMBAS:

EJEMPLO: COLECTOR ASPIRACIÓN DN 2.200 mm DE CANAL HASTA EB DE 6KM

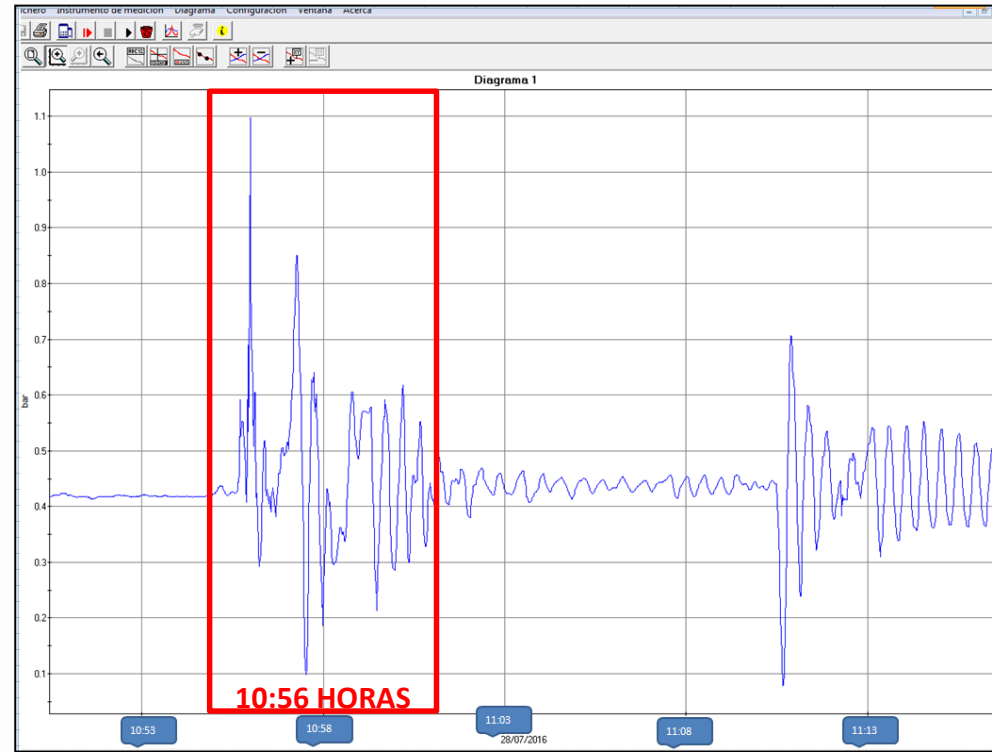


**PARADA PROGRESIVA BOMBAS → TRANSITORIOS
ENTRE 11 mca (MAX) y 1 mca (MIN)**

CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS

ARRANQUE Y PARADAS DE BOMBAS:

EJEMPLO: COLECTOR ASPIRACIÓN DN 2.200 mm DE CANAL HASTA EB DE 6KM

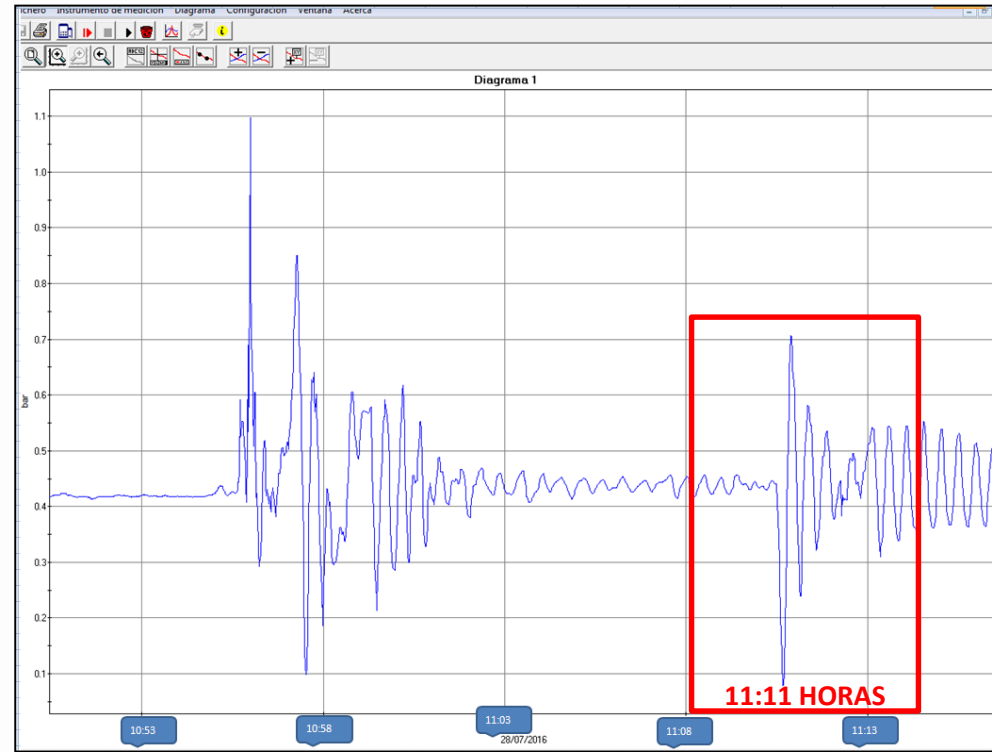


**PARADA PROGRESIVA BOMBAS → TRANSITORIOS
ENTRE 11 mca (MAX) y 1 mca (MIN)**

CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS

ARRANQUE Y PARADAS DE BOMBAS:

EJEMPLO: COLECTOR ASPIRACIÓN DN 2.200 mm DE CANAL HASTA EB DE 6KM



**PARADA PROGRESIVA BOMBAS → TRANSITORIOS
ENTRE 11 mca (MAX) y 1 mca (MIN)**



CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS

ARRANQUE Y PARADAS DE BOMBAS:

EJEMPLO: COLECTOR ASPIRACIÓN DN 2.200 mm DE CANAL HASTA EB DE 6KM

▶ PARADA BOMBA Nº 1

$\Delta H +7$ mca / $Q=600$ L/s

$T_c = 2 \times 6000(L) / 1055(a) = 11,4$ seg.

Cierre lento bombeo

MICHAUD $\Delta H = \pm \frac{2 * L * U}{g * t_M} = 7$ mca

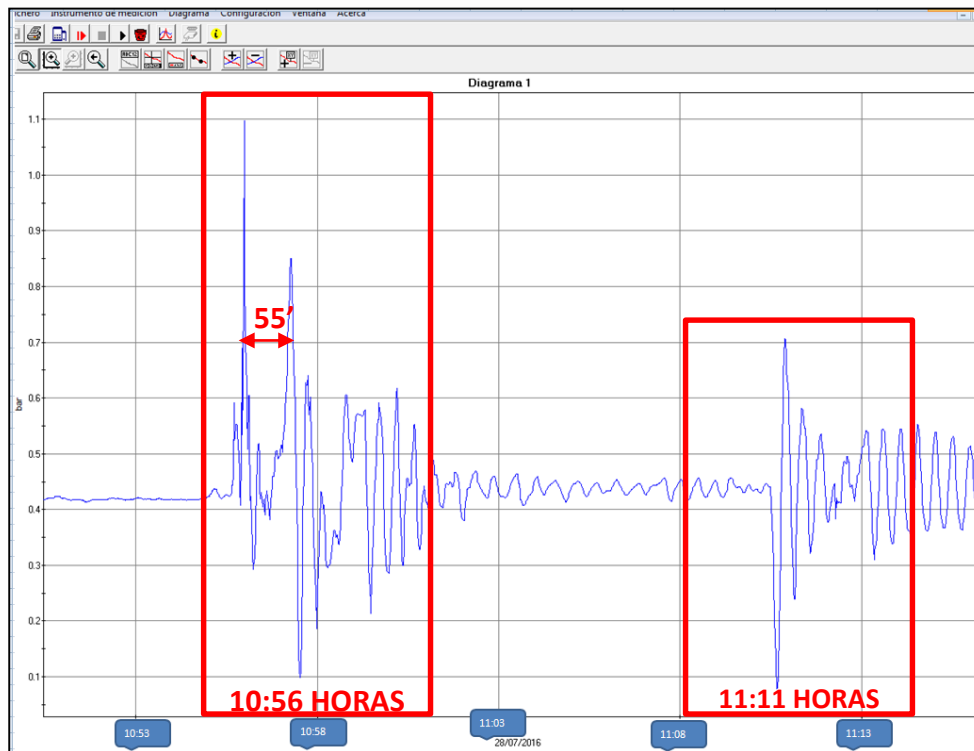
▶ PARADA BOMBA Nº 2

$\Delta H +3$ mca

$T_c = 2 \times 6000(L) / 1055(a) = 11,4$ seg.

Cierre lento bombeo + Clapetas

MICHAUD $\Delta H = \pm \frac{2 * L * U}{g * t_M} = 3$ mca



PARADA PROGRESIVA BOMBAS → TRANSITORIOS
ENTRE 11 mca (MAX) y 1 mca (MIN)



CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS

ROTURA DE TUBERÍAS:



ROTURA FRANCA TUBERÍA DN 1.200 mm

▶ LA ROTURA PROVOCA UN INCREMENTO BRUSCO DE CAUDAL QUE DEBERÁ SER SUMINISTRADO POR EL TRAMO EN CARGA AGUAS ARRIBA

▶ INFRADIMENSIONADO VENTOSAS: PUEDE PRODUCIRSE COLAPSO POR DEPRESIÓN DEL TRAMO AGUAS ARRIBA

TABLA DE CAPACIDADES DE VENTOSAS (COMITÉ AWWA)

| DN | Entrada aire libre l/s | Salida aire l/s |
|-------------|------------------------|-----------------|
| | Para el vaciado | Para el llenado |
| 1" - 25 mm | 66 | 54 |
| 2" - 50mm | 266 | 218 |
| 3" - 80mm | 599 | 492 |
| 4" - 100mm | 1.066 | 875 |
| 6" - 150mm | 2.397 | 1.969 |
| 8" - 200mm | 4.261 | 3.497 |
| 10" - 250mm | 6.654 | 5.453 |



CAUSAS QUE PROVOCAN TRANSITORIOS

ROTURA DE TUBERÍAS:

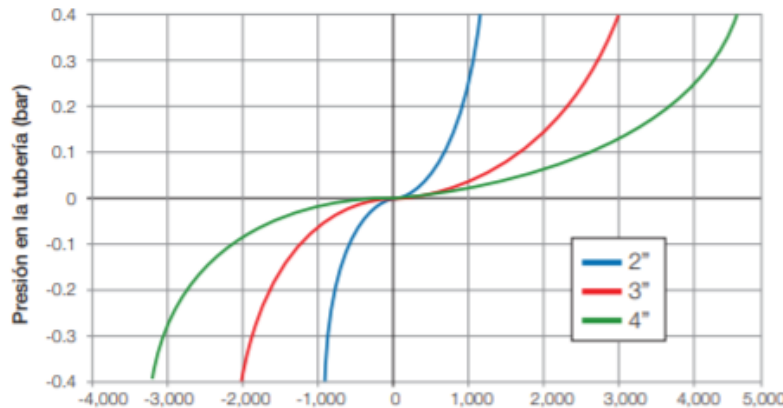
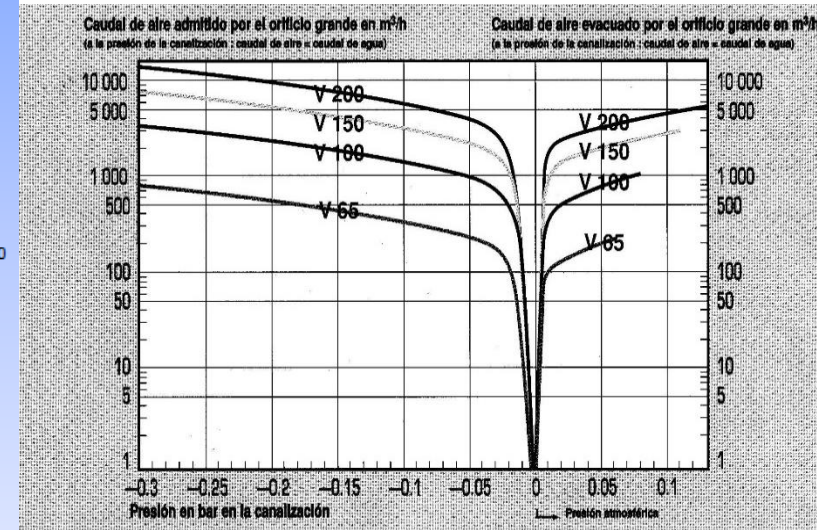
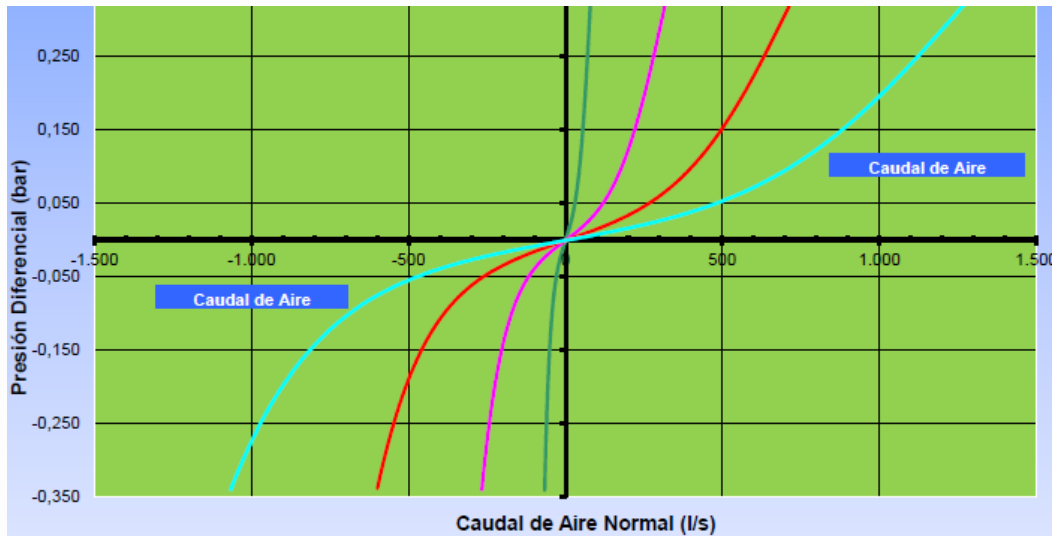


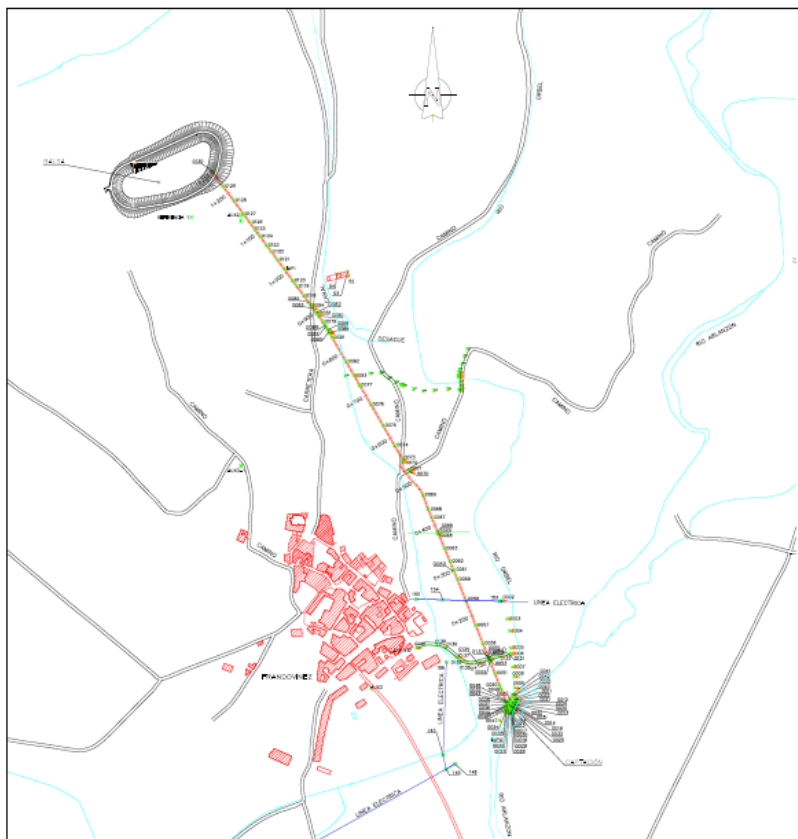
TABLA DE CAPACIDADES DE VENTOSAS (COMITÉ AWWA)

| DN | Entrada aire libre | Salida aire |
|-------------|--------------------|-----------------|
| | l/s | l/s |
| | Para el vaciado | Para el llenado |
| 1" - 25 mm | 66 | 54 |
| 2" - 50mm | 266 | 218 |
| 3" - 80mm | 599 | 492 |
| 4" - 100mm | 1.066 | 875 |
| 6" - 150mm | 2.397 | 1.969 |
| 8" - 200mm | 4.261 | 3.497 |
| 10" - 250mm | 6.654 | 5.453 |

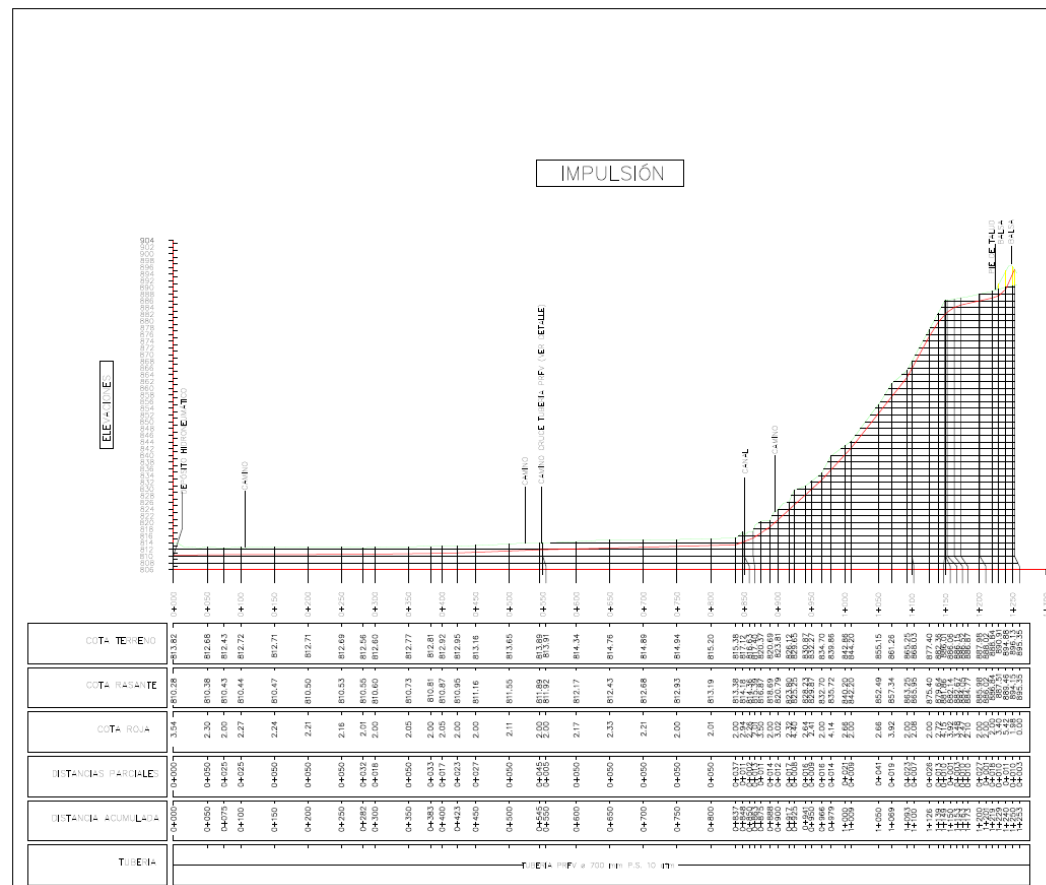


IMPULSIÓN A Balsa: CALDERÍN

TUBERÍA PVC DN 700 mm PN 10. CAUDAL: 488 L/seg. LONGITUD: 1,25 Km. Δ 85 mca



TRAZADO EN PLANTA COMPLETO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN





IMPULSIÓN A Balsa: CALDERÍN

TUBERÍA PVC DN 700 mm PN 10. CAUDAL: 488 L/seg. LONGITUD: 1,25 Km. Δ 85 mca

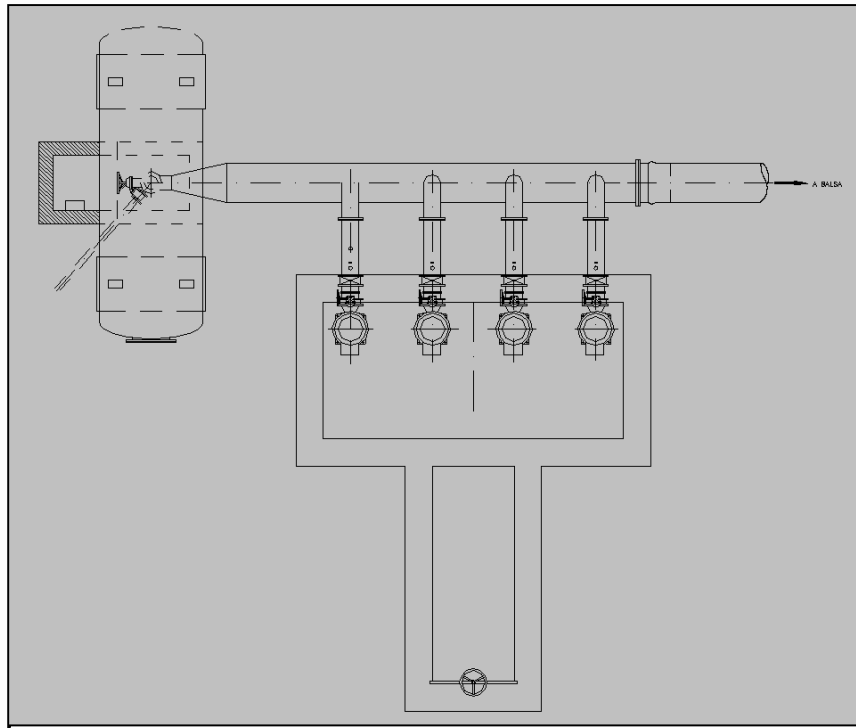


4 BOMBAS VERTICALES x 165 Kw
CAUDAL: 488 L/seg.
COLECTOR TAH DN 700 mm



IMPULSIÓN A Balsa: CALDERÍN

TUBERÍA PVC DN 700 mm PN 10. CAUDAL: 488 L/seg. LONGITUD: 1,25 Km. Δ 85 mca



| Características del calderín en salida de bombas. | |
|--|----------------|
| Tipo de depósito: | De Vejiga. |
| Posición: | Horizontal. |
| Diámetro boca de entrada-salida agua: | Ø250 mm. |
| Capacidad: | 15.000 litros. |
| Diámetro: | 1,90 metros. |
| Longitud o Altura aproximada: | 5,70 metros. |



IMPULSIÓN A Balsa: CALDERÍN

TUBERÍA PVC DN 700 mm PN 10. CAUDAL: 488 L/seg. LONGITUD: 1,25 Km. Δ 85 mca

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

Fórmula MENDILUCE
Cálculo del tiempo de parada (cesa gasto Q)

Donde:

T = Tiempo de parada (s).

L = Longitud de la Impulsión = 1.253 m.

K = Coeficiente de inercia = 1,50 (para 500<L<1.500 m.)

H_m = Altura total manométrica = 89,15 m.c.a.

C = Coeficiente = 1,00 (para pendiente hidráulica = <20 %).

g = Aceleración de la gravedad = 9,81 m/s².

v = Velocidad media de circulación del agua = 1,445 m/s

| Hm/L | C | Longitud | K |
|--------|------|--------------------|------|
| < 0,20 | 1,00 | L < 500 m | 2,00 |
| ≈ 0,30 | 0,60 | L ≈ 500 m | 1,75 |
| > 0,40 | 0,00 | 500 m < L < 1500 m | 1,50 |
| | | L ≈ 1500 m | 1,25 |
| | | L > 1500 m | 1,00 |

Sustituyendo, se tiene:

4,11 segundos

$$t_c = \frac{2L}{a} = 7,52 \text{ seg. CIERRE RÁPIDO}$$

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} = \frac{333 \times 4,11}{2} = 684 \text{ metros} < 1.253 \text{ metros (IMPULSIÓN LARGA)}$$

$$\text{Allievi } \Delta H = \pm \frac{a \cdot v}{g} = \frac{333 \cdot 1,445}{9,81} = \pm 49 \text{ mca}$$

NECESIDAD DE PROYECTAR MECANISMOS ANTIARIETE



IMPULSIÓN A BALSA: CALDERÍN

TUBERÍA PVC DN 700 mm PN 10. CAUDAL: 488 L/seg. LONGITUD: 1,25 Km. Δ 85 mca

SIMULACIONES con SOFTWARE SURGE 2000

- TUBERÍA PVC, \varnothing 710 mm, PS10, sin ningún tipo de protección
- TUBERÍA PVC, \varnothing 710 mm, PS10, con ventosa antivació y válvula de retención
- TUBERÍA PVC, \varnothing 710 mm, PS10, con calderín intermedio y válvula de retención
- TUBERÍA PVC, \varnothing 710 mm, PS10, con calderín en salida de bombas





IMPULSIÓN A Balsa: CALDERÍN

TUBERÍA PVC DN 700 mm PN 10. CAUDAL: 488 L/seg. LONGITUD: 1,25 Km. Δ 85 mca

SIMULACIONES con SOFTWARE SURGE 2000

- TUBERÍA PVC, \varnothing 710 mm, PS10, sin ningún tipo de protección
- TUBERÍA PVC, \varnothing 710 mm, PS10, con ventosa antivació y válvula de retención
- TUBERÍA PVC, \varnothing 710 mm, PS10, con calderín intermedio y válvula de retención
- TUBERÍA PVC, \varnothing 710 mm, PS10, con calderín en salida de bombas

SOLUCIÓN ADOPTADA



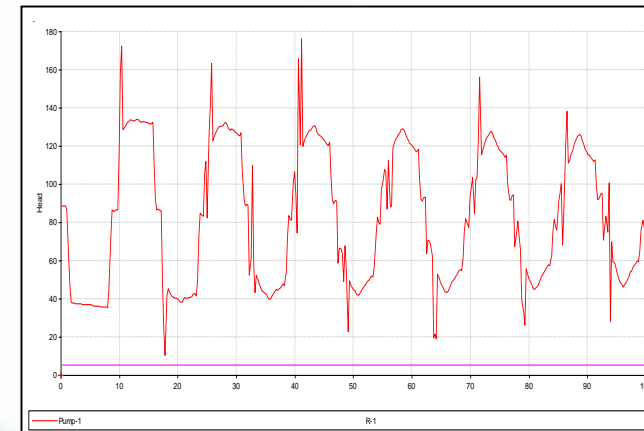
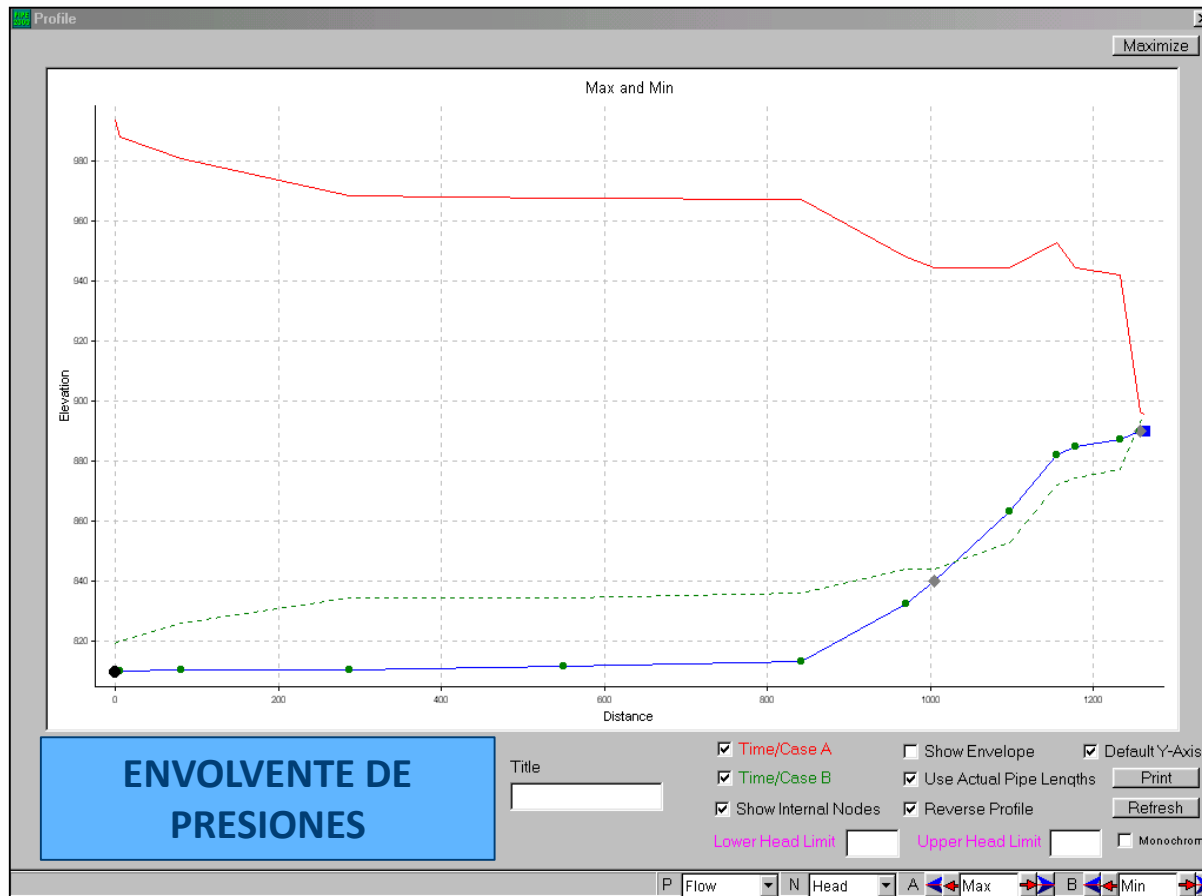


IMPULSIÓN A Balsa: CALDERÍN

TUBERÍA PVC DN 700 mm PN 10. CAUDAL: 488 L/seg. LONGITUD: 1,25 Km. Δ 85 mca

SIMULACIONES con SOFTWARE SURGE 2000

SIN PROTECCIÓN



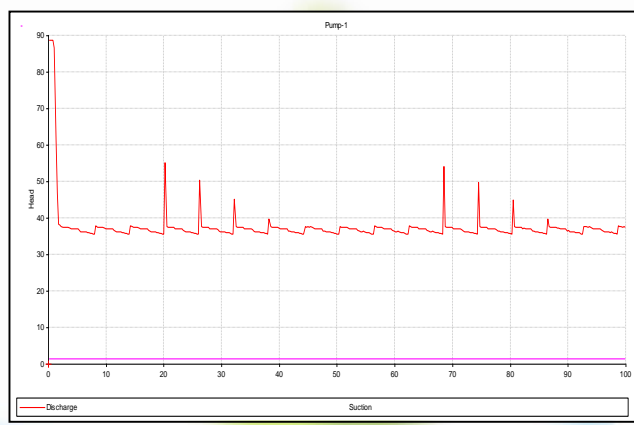
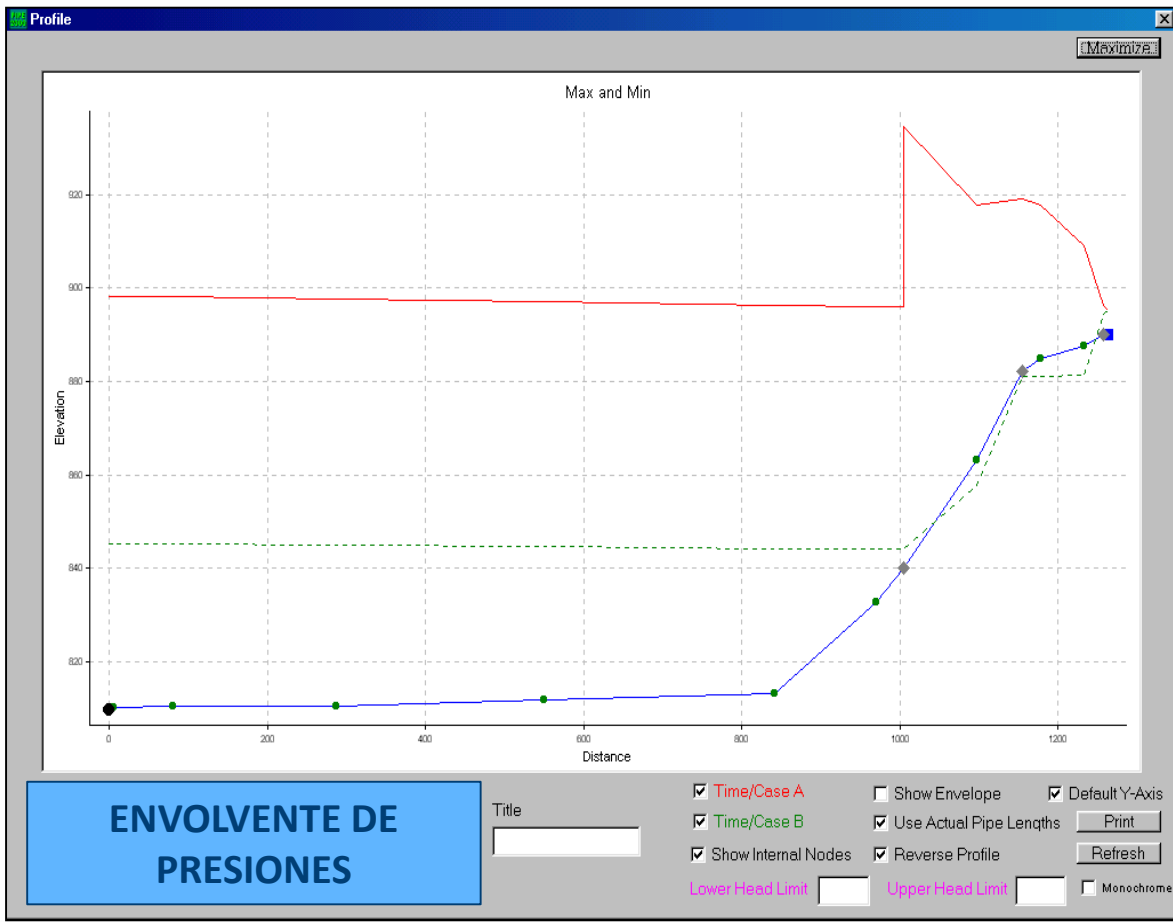
OSCILACIÓN DE PRESIÓN A LA SALIDA DEL BOMBEO



IMPULSIÓN A Balsa: CALDERÍN

TUBERÍA PVC DN 700 mm PN 10. CAUDAL: 488 L/seg. LONGITUD: 1,25 Km. Δ 85 mca

SIMULACIONES con SOFTWARE SURGE 2000 VENTOSA ANTIVAVO VALV. RETENCIÓN

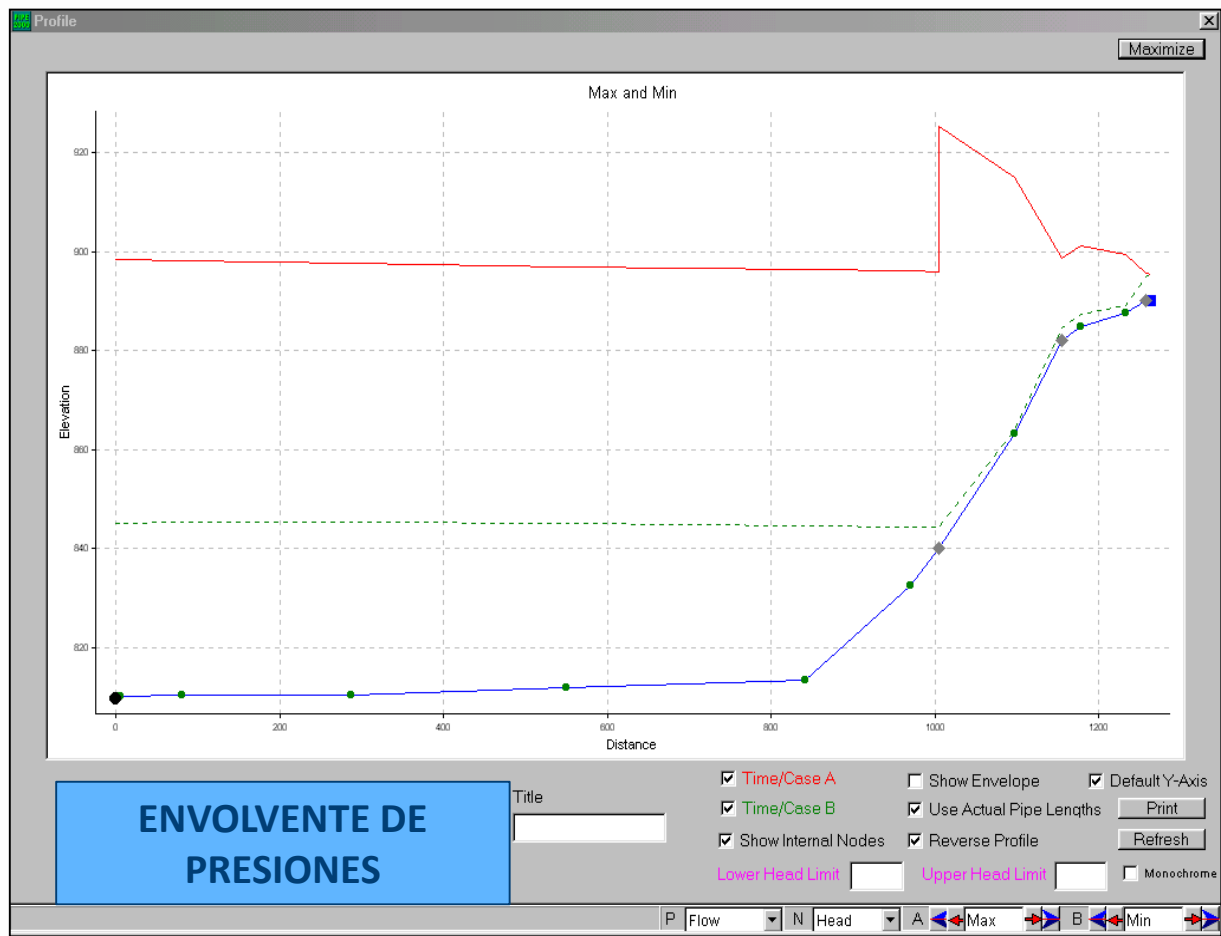




IMPULSIÓN A Balsa: CALDERÍN

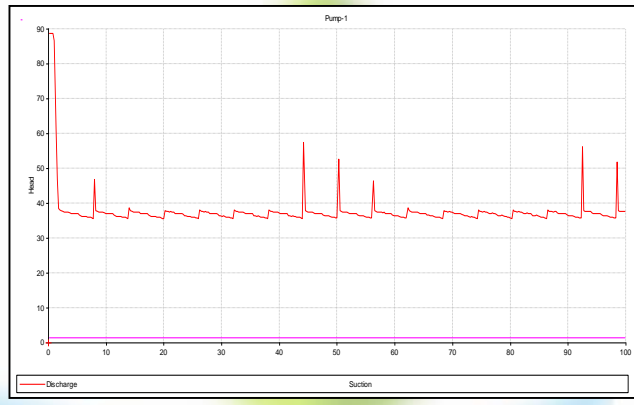
TUBERÍA PVC DN 700 mm PN 10. CAUDAL: 488 L/seg. LONGITUD: 1,25 Km. Δ 85 mca

SIMULACIONES con SOFTWARE SURGE 2000



ENVOLVENTE DE PRESIONES

CALDERÍN INTERMEDIO VALV. RETENCIÓN



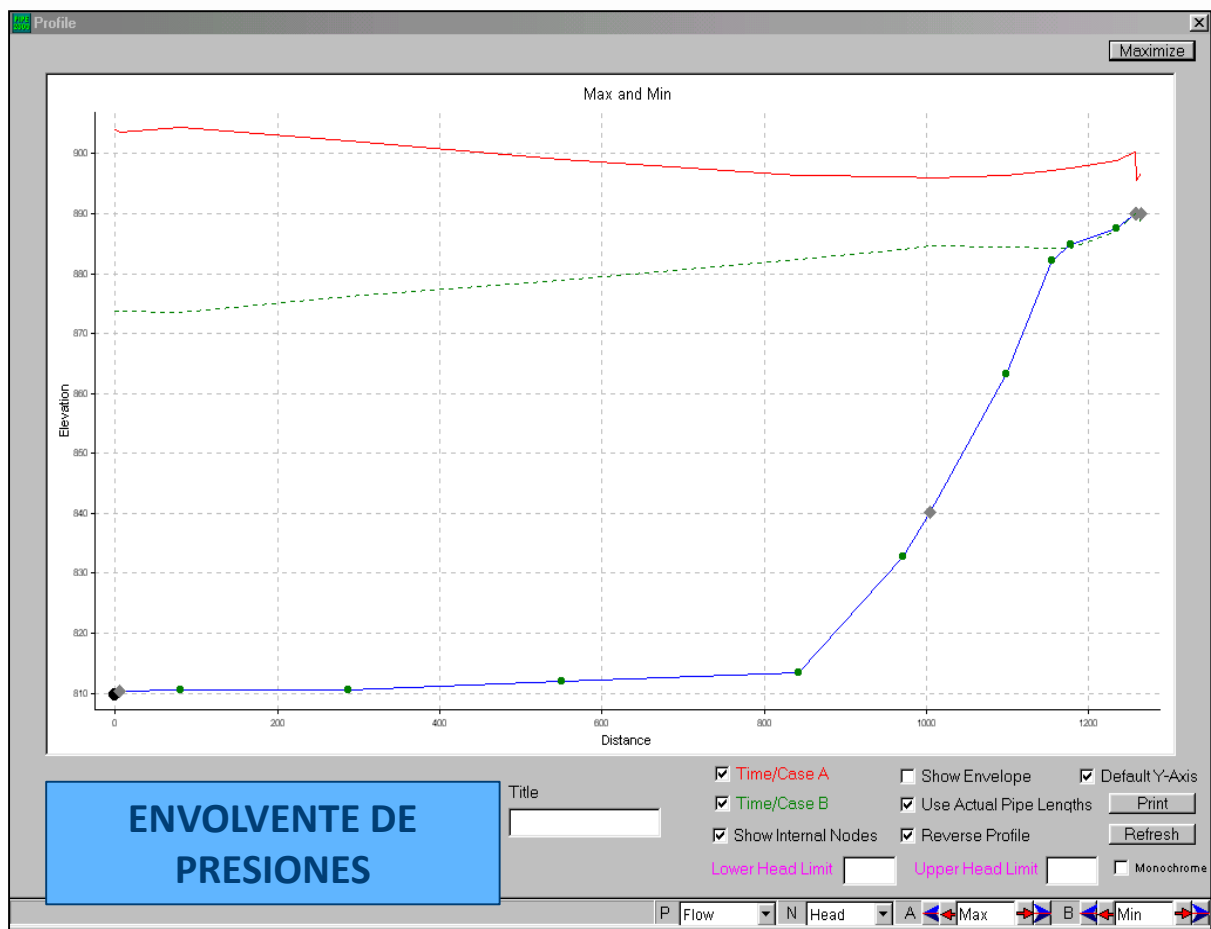
OSCILACIÓN DE PRESIÓN A LA SALIDA DEL BOMBEO



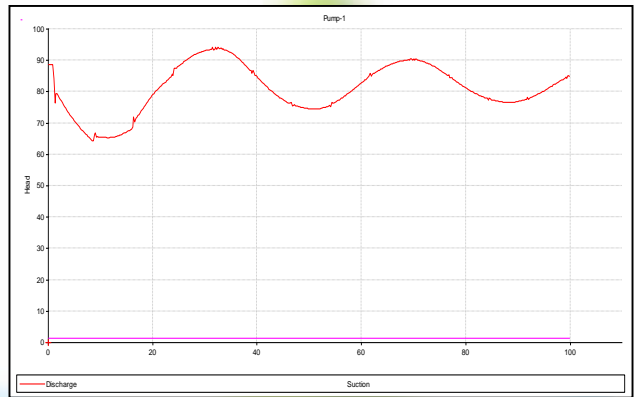
IMPULSIÓN A Balsa: CALDERÍN

TUBERÍA PVC DN 700 mm PN 10. CAUDAL: 488 L/seg. LONGITUD: 1,25 Km. Δ 85 mca

SIMULACIONES con SOFTWARE SURGE 2000 CALDERÍN SALIDA DE BOMBAS



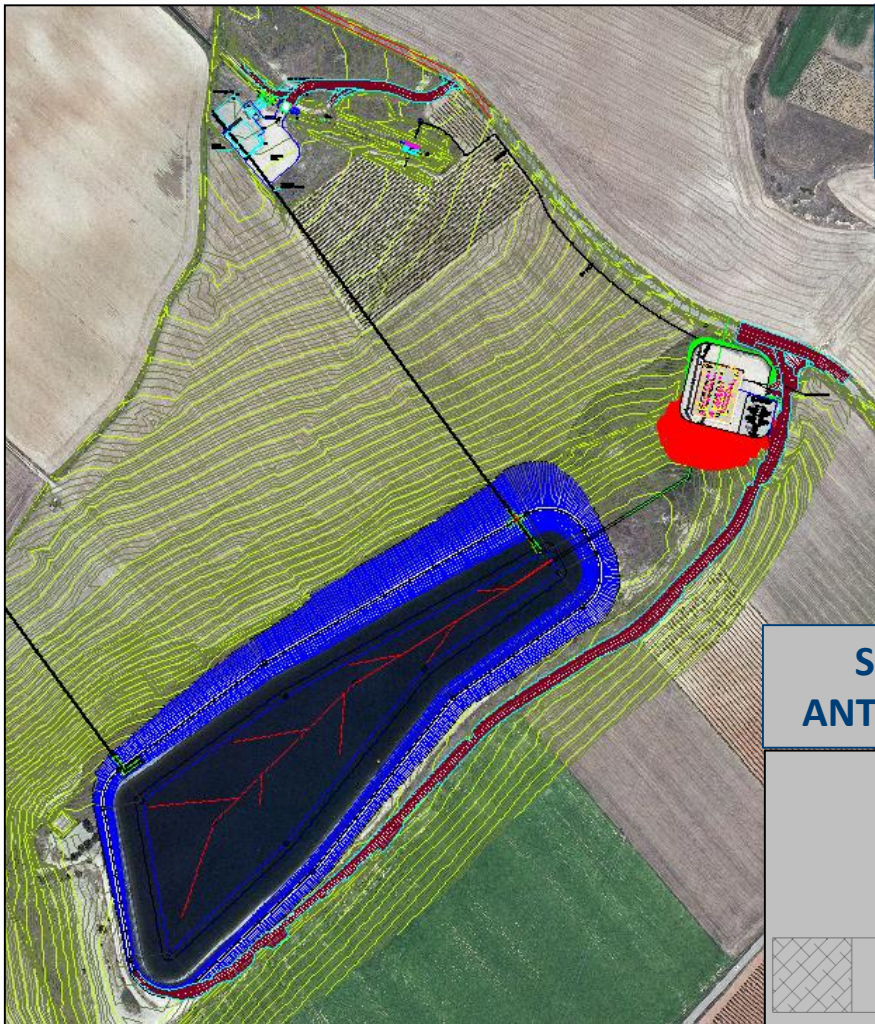
ENVOLVENTE DE PRESIONES



OSCILACIÓN DE PRESIÓN A LA SALIDA DEL BOMBEO

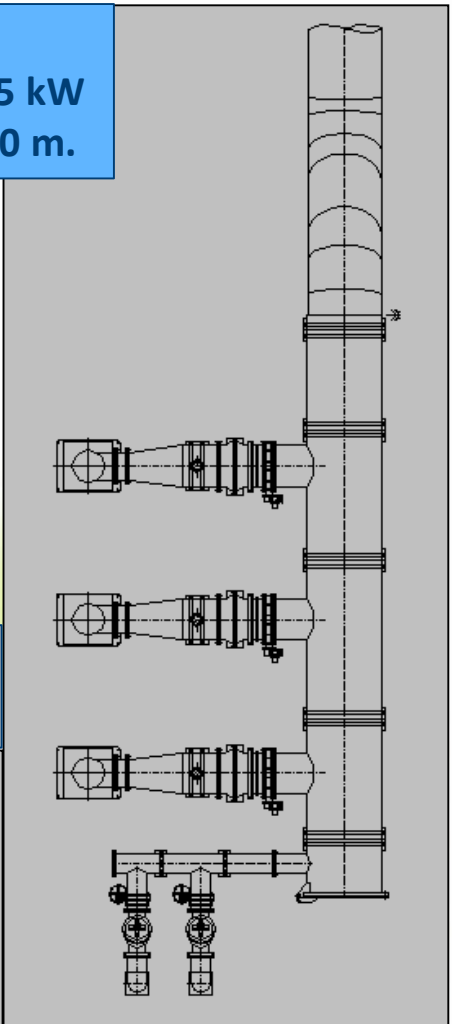
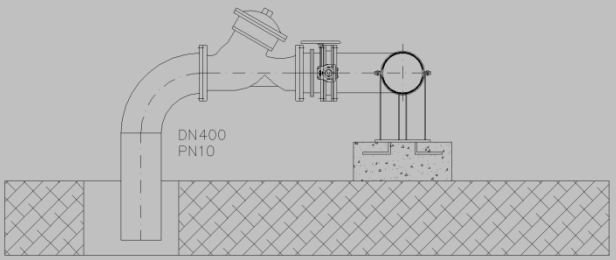


IMPULSIÓN A Balsa: ANTICIPADORA ONDA



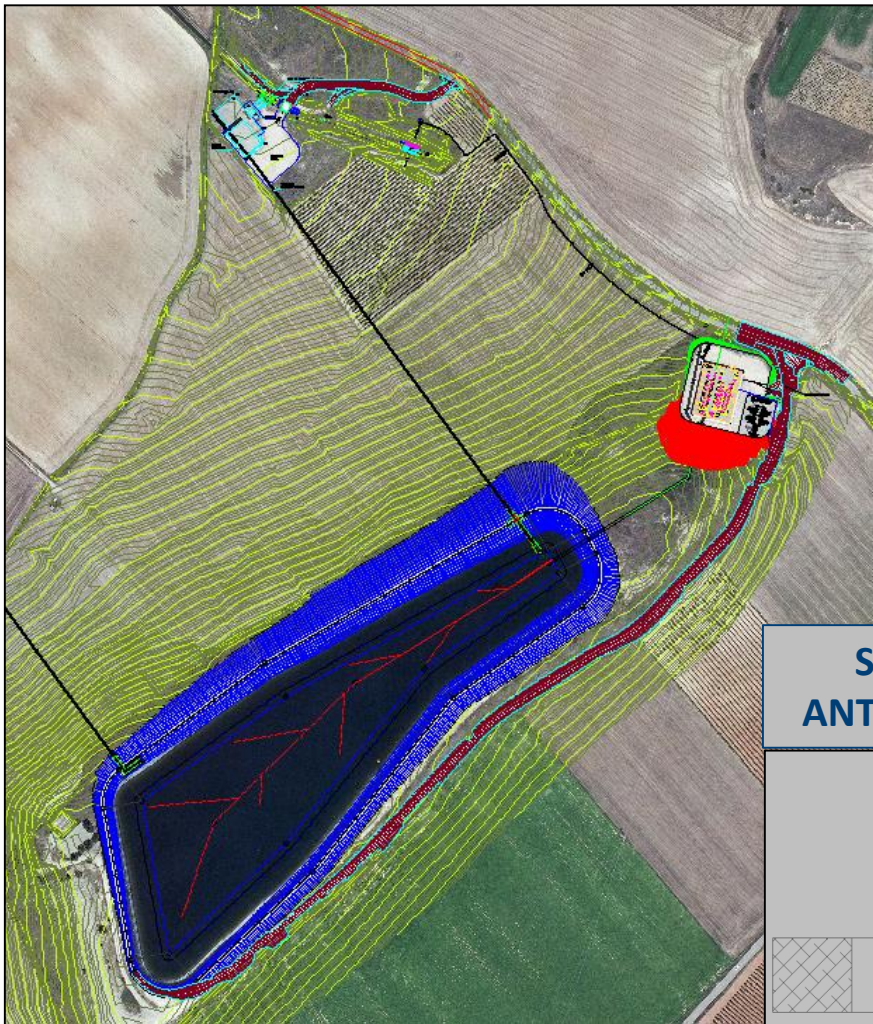
BOMBEO DIRECTO A Balsa
3 BOMBAS VERTICALES x 475 kW
TAH DN 1600 mm. LONG. 330 m.

SOLUCIÓN: 2 x VÁLVULAS ANTICIPADORAS ONDA DN 400



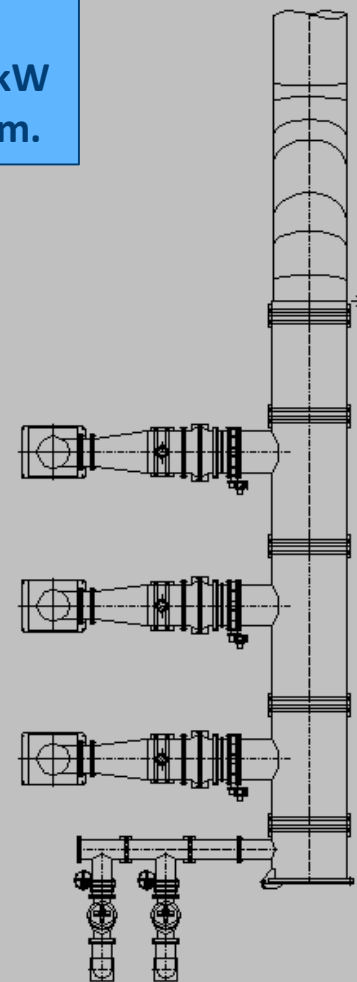
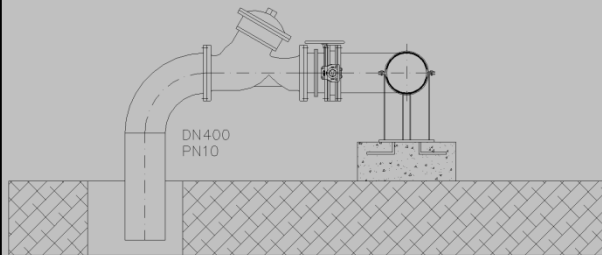


IMPULSIÓN A Balsa: **APERTURA ANTICIPADA**



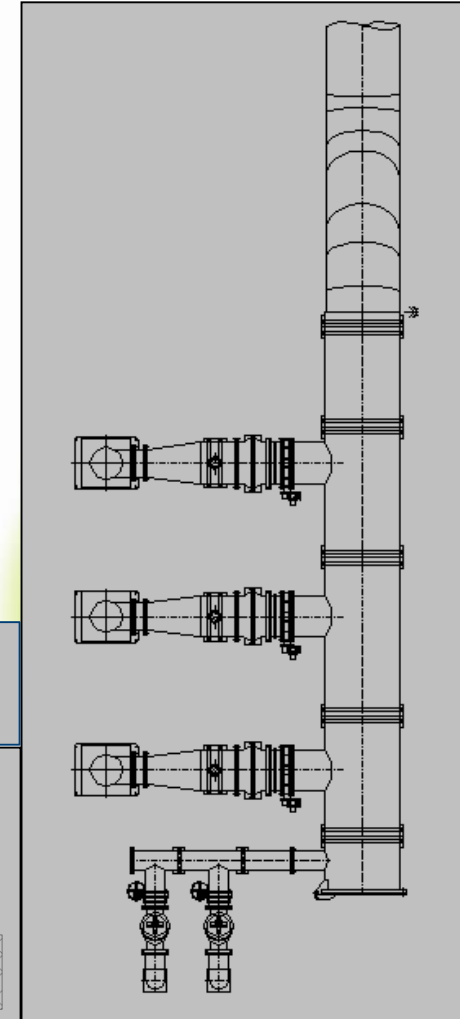
BOMBEO DIRECTO A Balsa
3 BOMBAS VERTICALES x 475 kW
TAH DN 1600 mm. LONG. 330 m.

SOLUCIÓN: 2 x VÁLVULAS ANTICIPADORAS ONDA DN 400

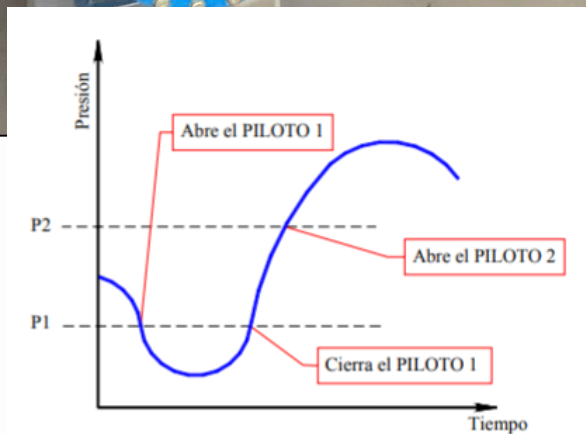
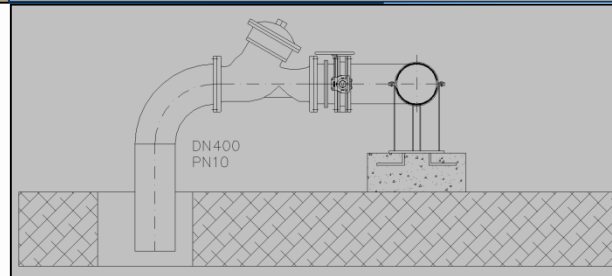




IMPULSIÓN A Balsa: APERTURA ANTICIPADA



**SOLUCIÓN: 2 x VÁLVULAS
APERTURA ANTICIPADA DN 400**





IMPULSIÓN A Balsa: APERTURA ANTICIPADA



$T_{PARADA} = 4$

$T_{CRÍTICO} = 0,7$

$\Delta H = 35$

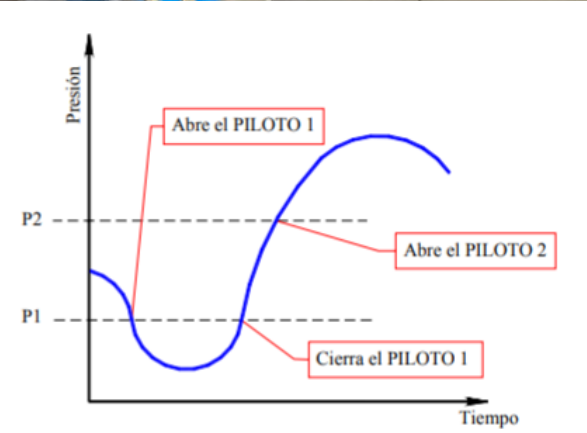
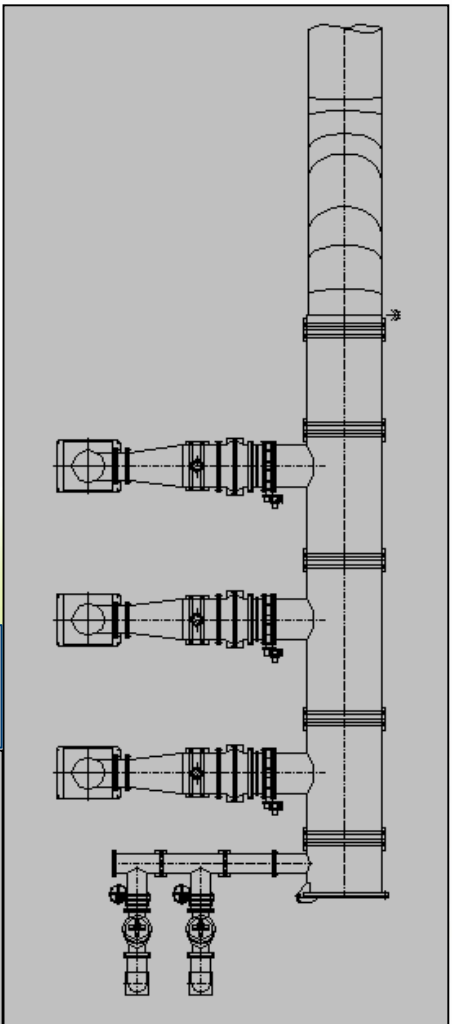
MENDILUCE

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

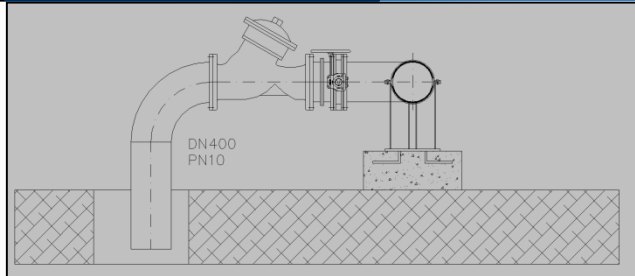
$$t_c = \frac{2L}{a}$$

MICHAUD

$$\Delta H = \pm \frac{2 \cdot L \cdot U}{g \cdot t_M}$$



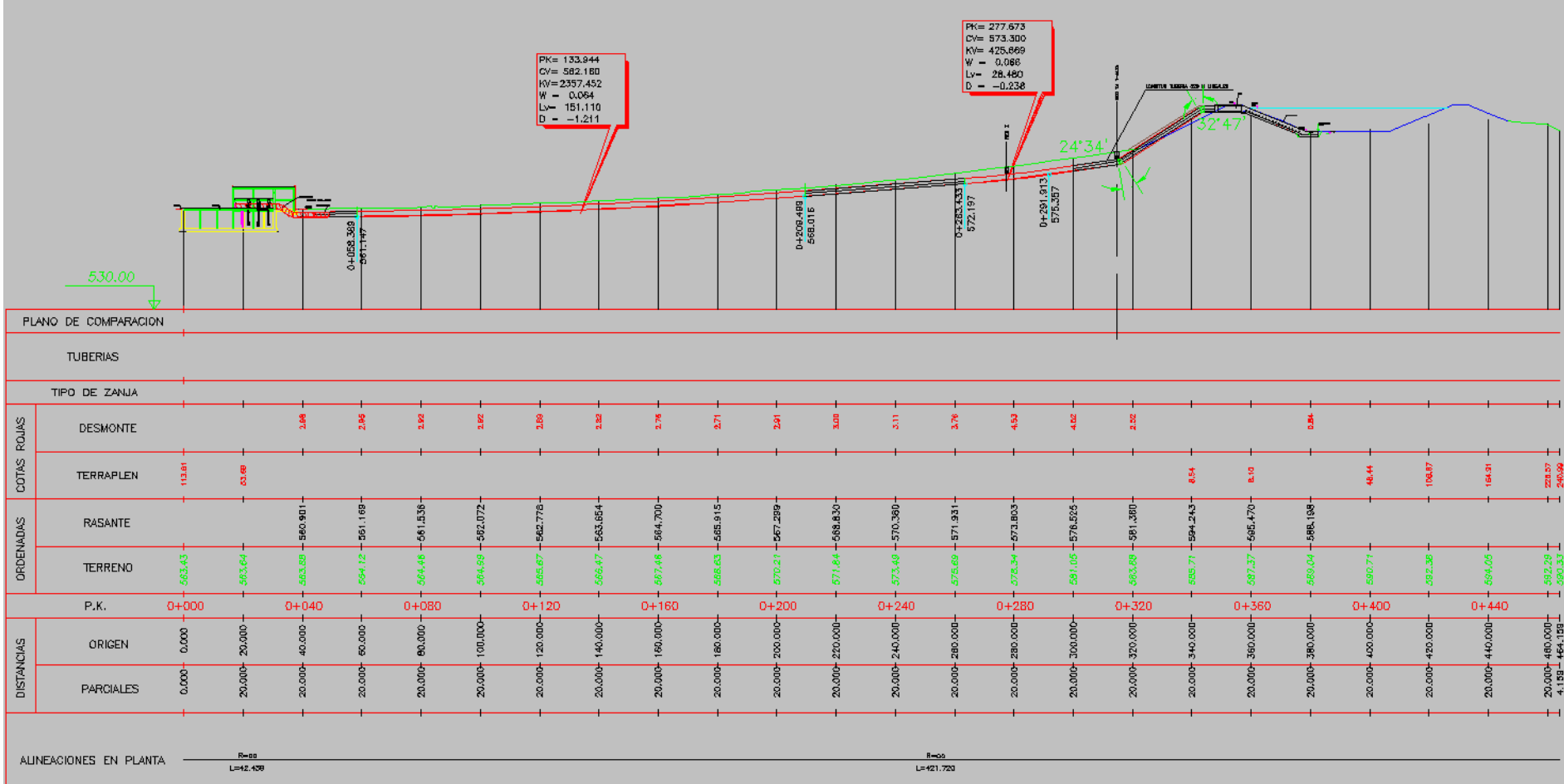
SOLUCIÓN: 2 x VÁLVULAS APERTURA ANTICIPADA DN 400





IMPULSIÓN A Balsa: APERTURA ANTICIPADA

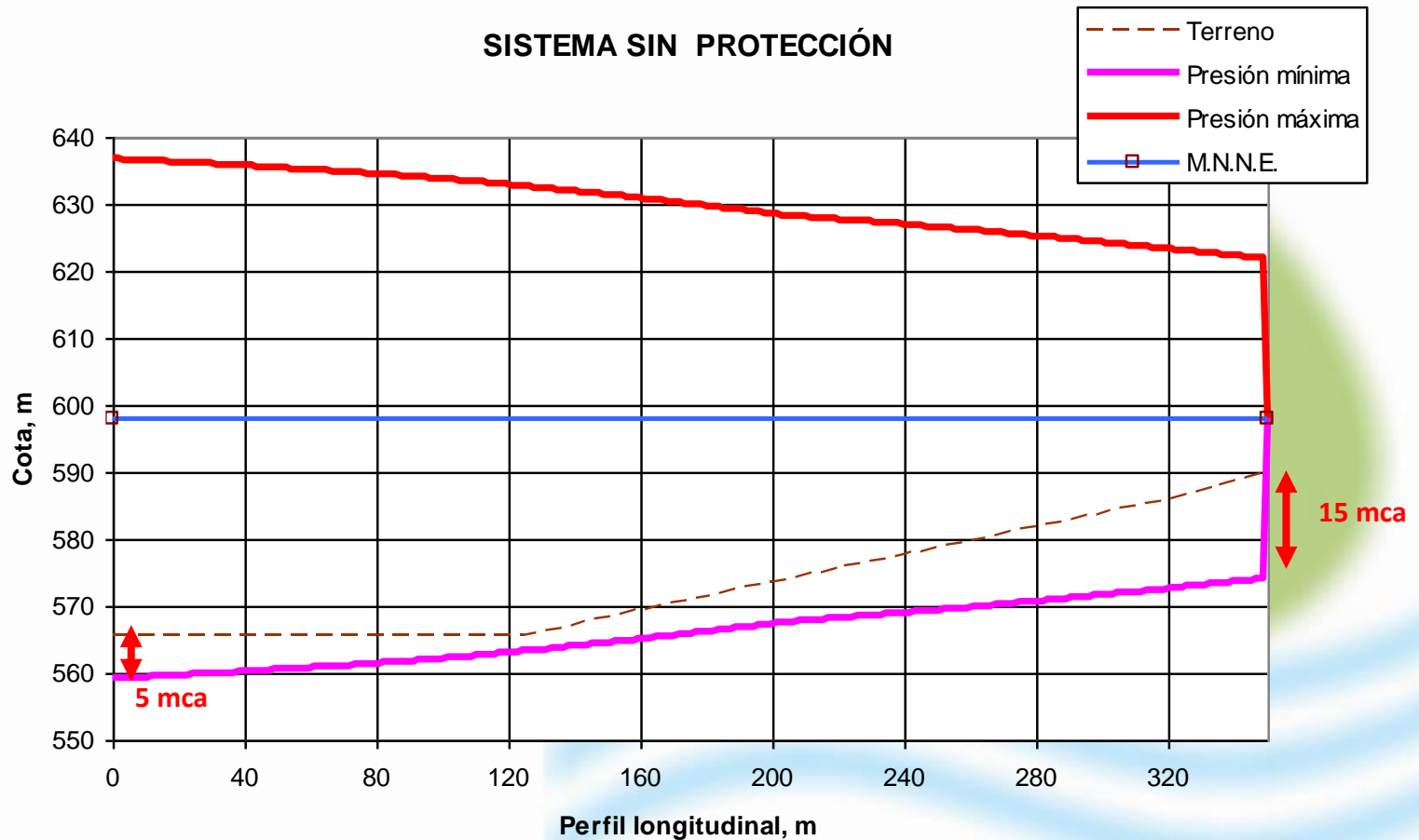
TUBERÍA ACERO HELICOSOLDADO DN 1600 mm. CAUDAL: 3.180 L/seg. LONGITUD: 350 m. Δ 34,5 mca





IMPULSIÓN A Balsa: APERTURA ANTICIPADA

TUBERÍA ACERO HELICOSOLDADO DN 1600 mm. CAUDAL: 3.180 L/seg. LONGITUD: 350 m. Δ 34,5 mca

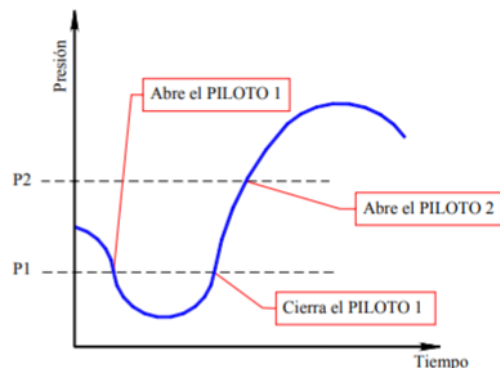
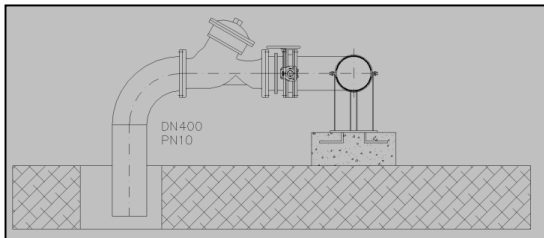




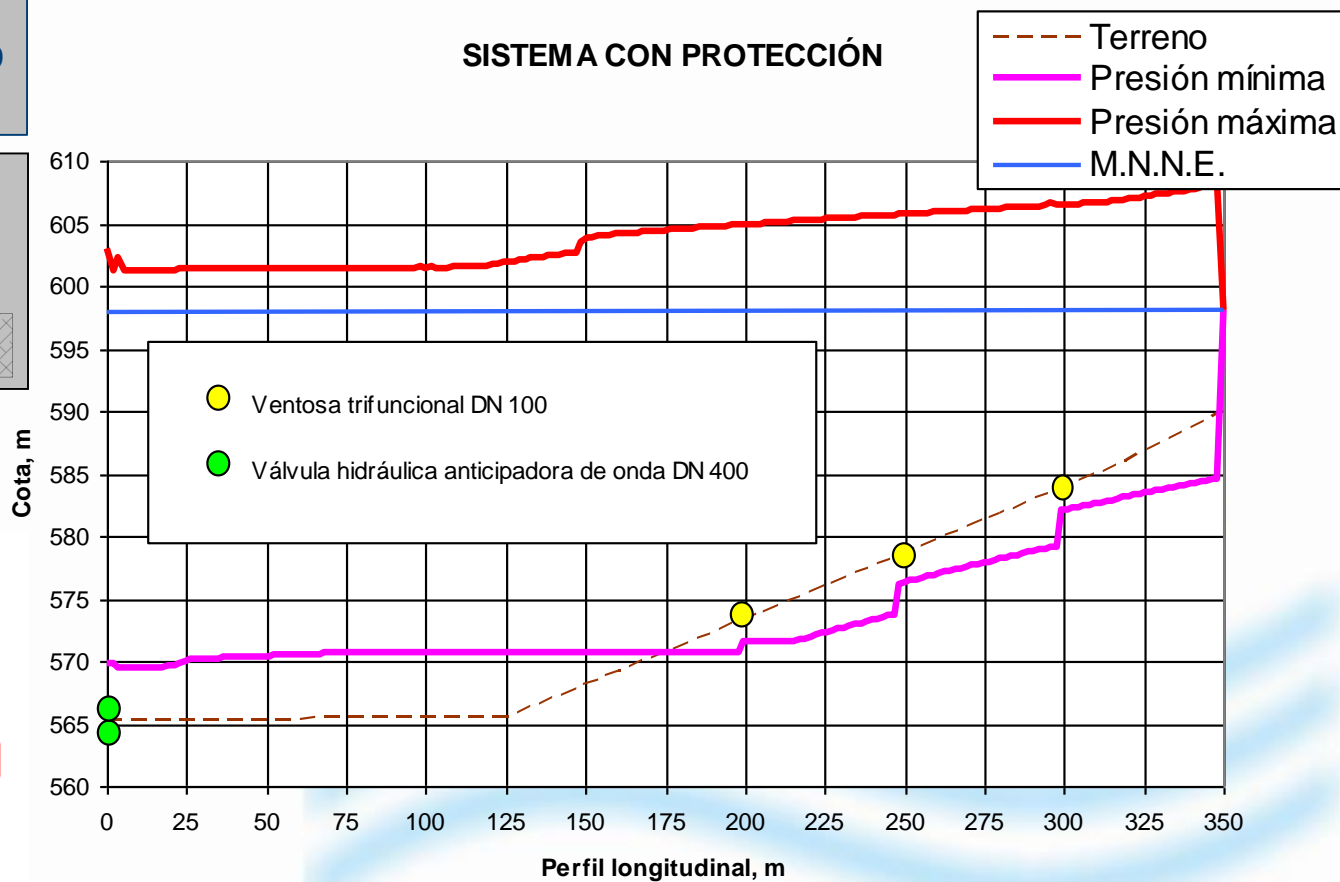
IMPULSIÓN A Balsa: APERTURA ANTICIPADA

TUBERÍA ACERO HELICOSOLDADO DN 1600 mm. CAUDAL: 3.180 L/seg. LONGITUD: 350 m. Δ 34,5 mca

SOLUCIÓN: 2 x VÁLVULAS APERTURA ANTICIPADA DN 400 2 VENTOSAS DN 100



SISTEMA CON PROTECCIÓN





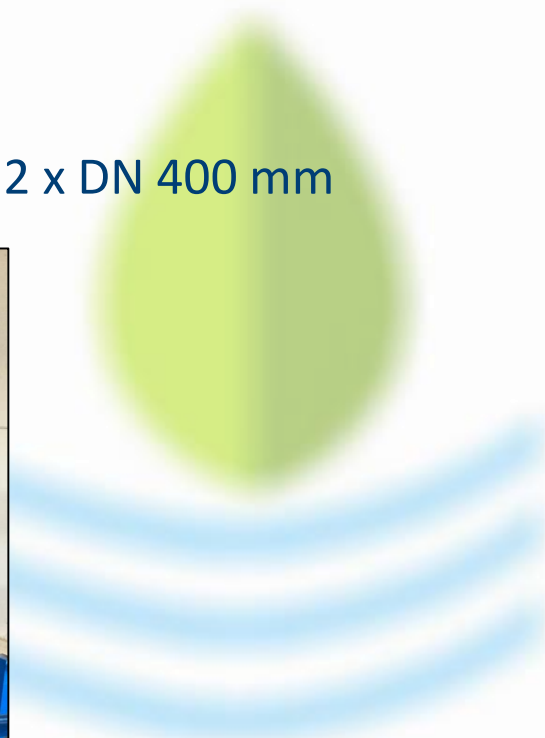
IMPULSIÓN A Balsa: APERTURA ANTICIPADA

TUBERÍA ACERO HELICOSOLDADO DN 1600 mm. CAUDAL: 3.180 L/seg. LONGITUD: 350 m. Δ 34,5 mca

✧ DIMENSIONADO DE UNA VÁLVULA DE ALIVIO RÁPIDO

- ▶ TOTALIDAD DEL CAUDAL PASAR POR LA VÁLVULA
- ▶ OPERAN OCASIONALMENTE Y CORTO PERIODO

$$DN \text{ (mm)} = \sqrt{250 \times Q \text{ (m}^3\text{/h)} / v \Delta h \text{ (m)}} = 700 \text{ mm} \rightarrow 2 \times DN \text{ 400 mm}$$





IMPULSIÓN A Balsa: CALDERÍN vs VÁLVULA

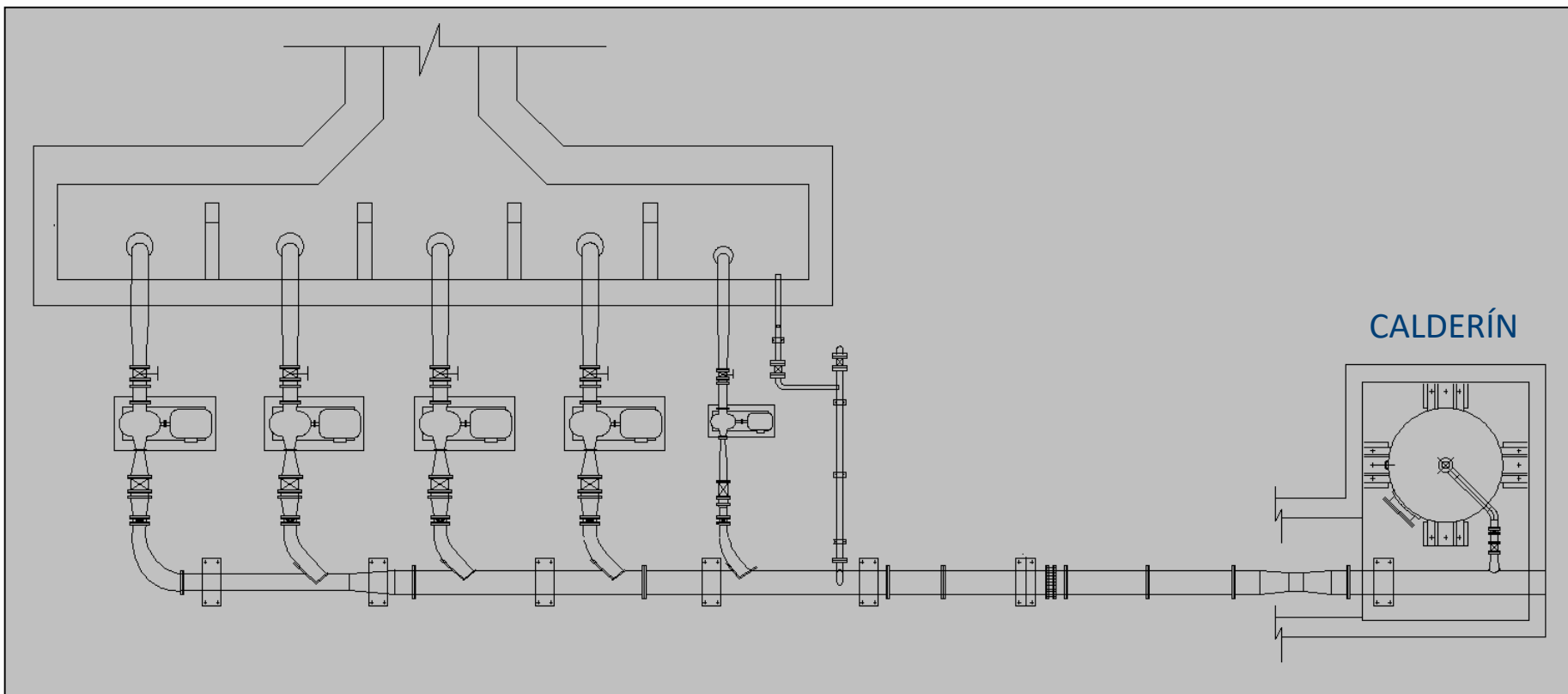
- ▶ CIERRE RÁPIDO
- ▶ TIEMPO PARADA = 4,1 seg.
- ▶ TIEMPO CRÍTICO = 7,52 seg.
- ▶ 35.000 €

- ▶ CIERRE LENTO
- ▶ TIEMPO PARADA = 4,1 seg.
- ▶ TIEMPO CRÍTICO = 0,67 seg.
- ▶ 2 x 16.000 = 32.000 €





CALDERÍN ANTIARIETE vs ACUMULADOR

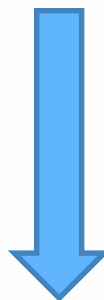




CALDERÍN ANTIARIEETE vs ACUMULADOR



CON VEJIGA
ANTIARIEETE



ACUMULADOR

SIN VEJIGA

➤ Amortiguar golpe de ariete.

➤ Acumulador de 3.000 l.

➤ Poco funcional, al tratarse de un bombeo directo con escaso desnivel.

➤ Acumulador de 20.000 l. (80% Vol.)

➤ Sostener la presión de la red de riego. COMPRESOR. VÁL AIREACIÓN

➤ Suministrar demandas de bajo caudal ($Q < 25$ l/s). Hasta 30% Vol.

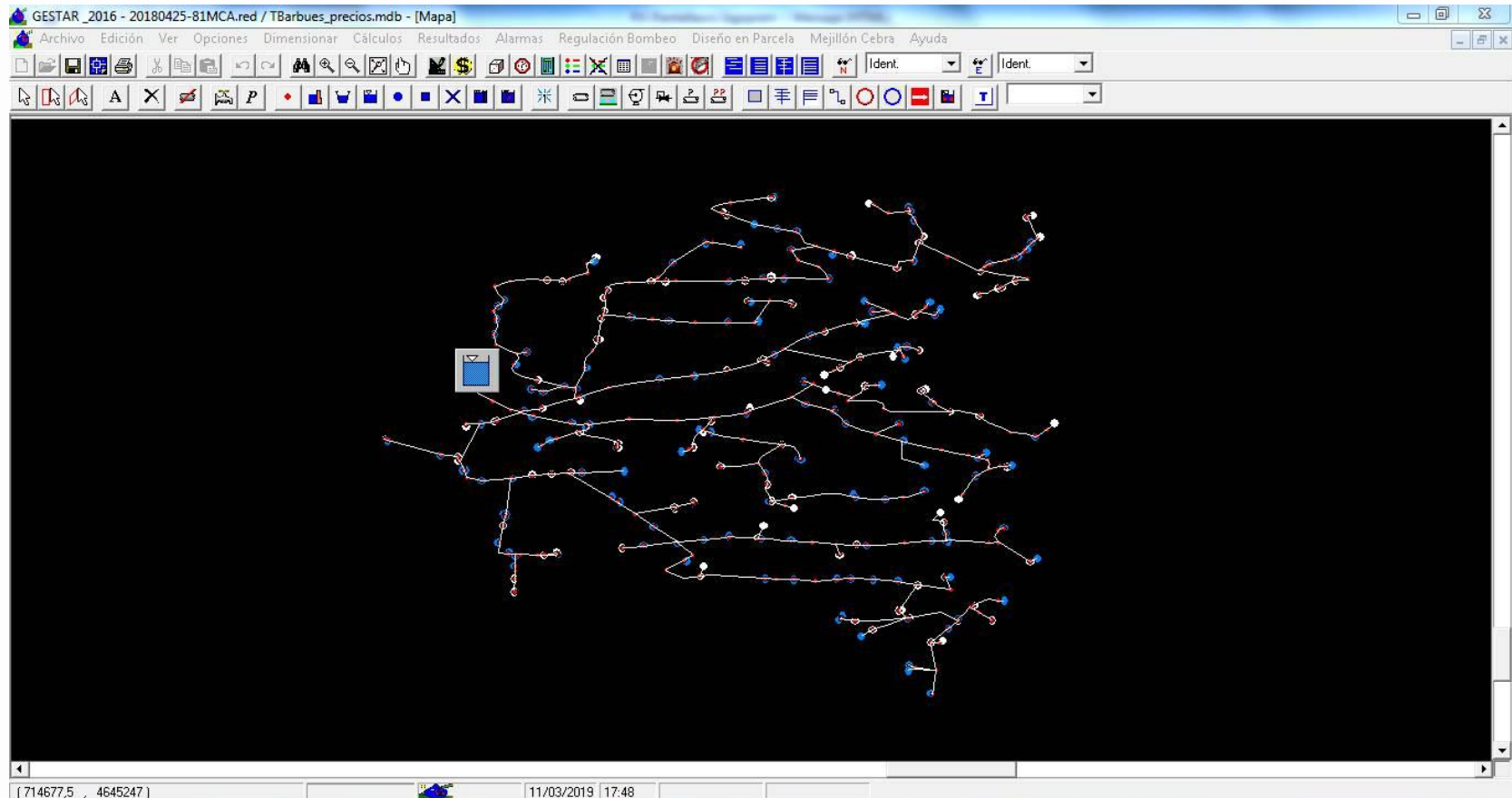
➤ Reducir el número de arranques de las bombas.

➤ Disminuir el consumo energético.



TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

✧ CÁLCULO HIDRÁULICO DE UNA RED DE RIEGO

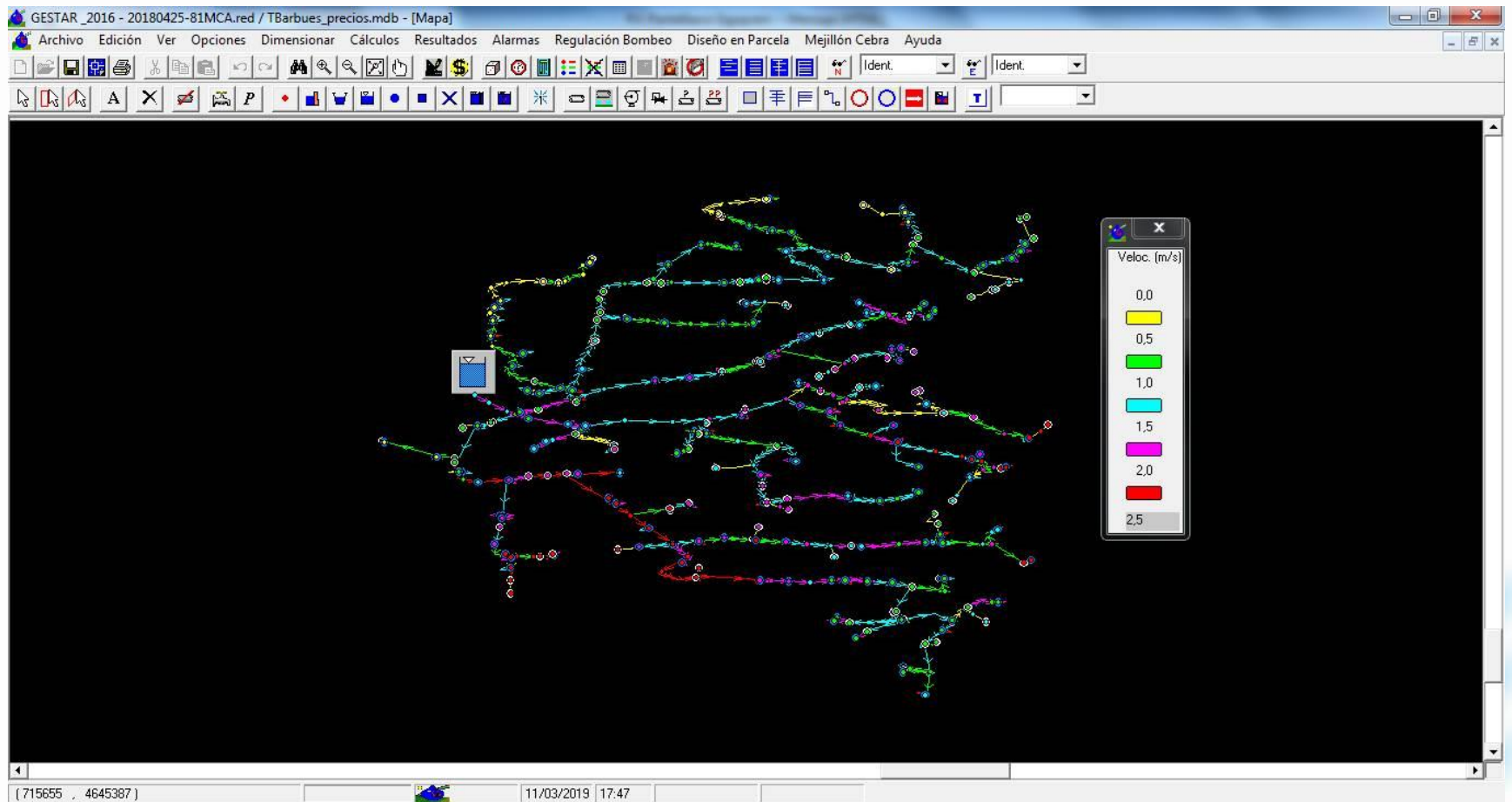


► **HIDRANTES ABIERTOS. SIMULTEANIDAD DEL 60%. MÁX. NECESIDADES**



TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

✘ CÁLCULO HIDRÁULICO DE UNA RED DE RIEGO

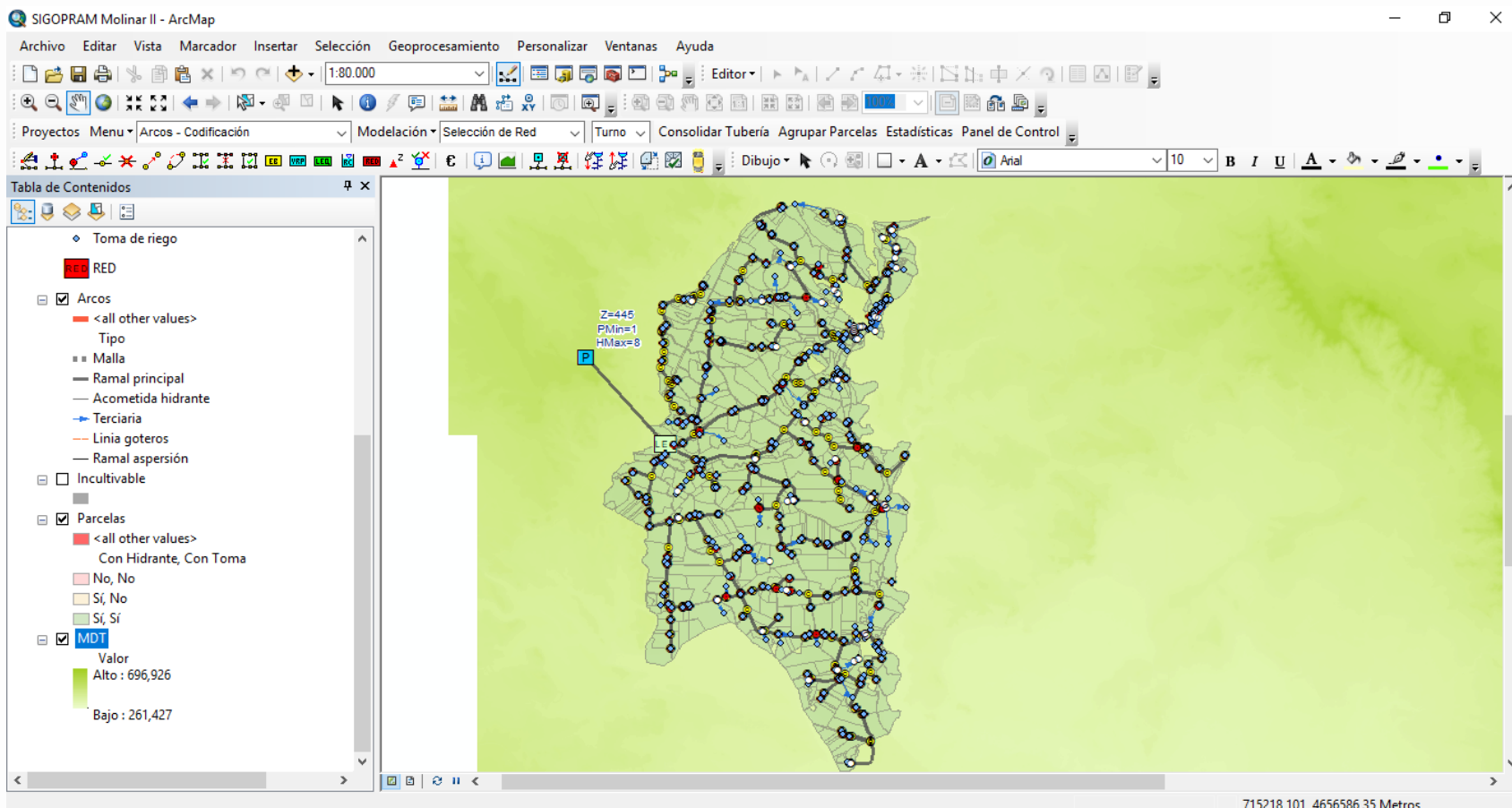


► **HIDRANTES ABIERTOS. SIMULTEANIDAD DEL 60%. MÁX. NECESIDADES. VELOCIDAD TRAMOS**



TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

✘ CÁLCULO HIDRÁULICO DE UNA RED DE RIEGO



► RED SOBRE PARCELAS EN GIS Y DE FONDO MDT PARA CÁLCULO DE COTAS



TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

✘ CÁLCULO HIDRÁULICO DE UNA RED DE RIEGO

Simulador de Escenarios de Demanda

Criterio de apertura de tomas: Turnos Prob Clément Aleatorios Hydrogen

Criterio Fallo: PMin Tolerancia 0 m PMinAuto

Nº de Simulaciones: Nº de Escenarios 200 de Tomas abiertas (%) 50 a 55 Incremento 5

Caudales y necesidades de riego: Mes Patron de riego Caudal Clement: 4068.7 (l/s) MAX(Arcos.Tub_Q) = 4068.7 (l/s) Limitar Caudal de la toma a la pluviometria del sistema de riego

<< Numero de Fallos Caudal en Cabecera (l/s) Deficit Máximo (m) >>

| | Avg | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 50% | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 55% | 0,1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

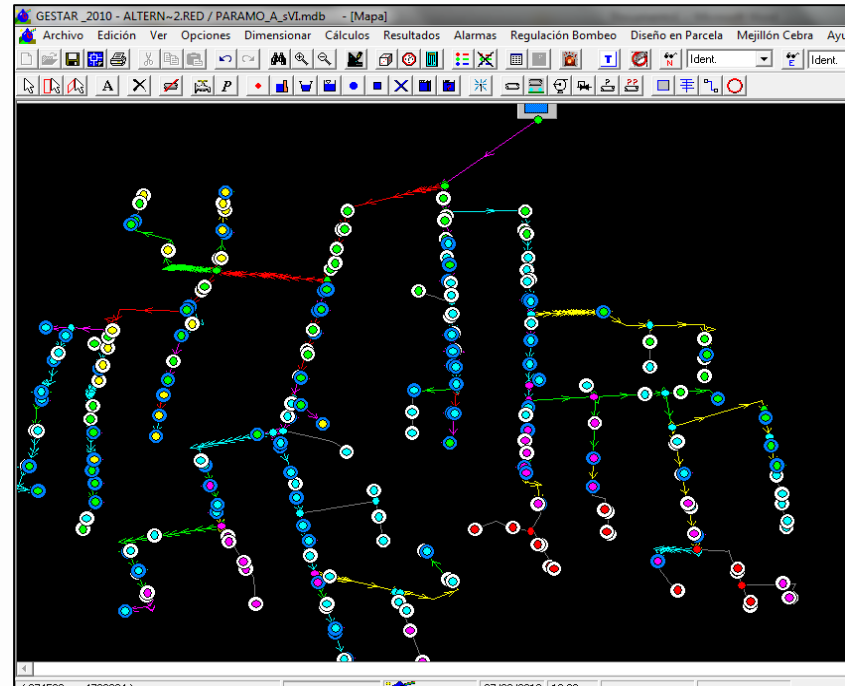
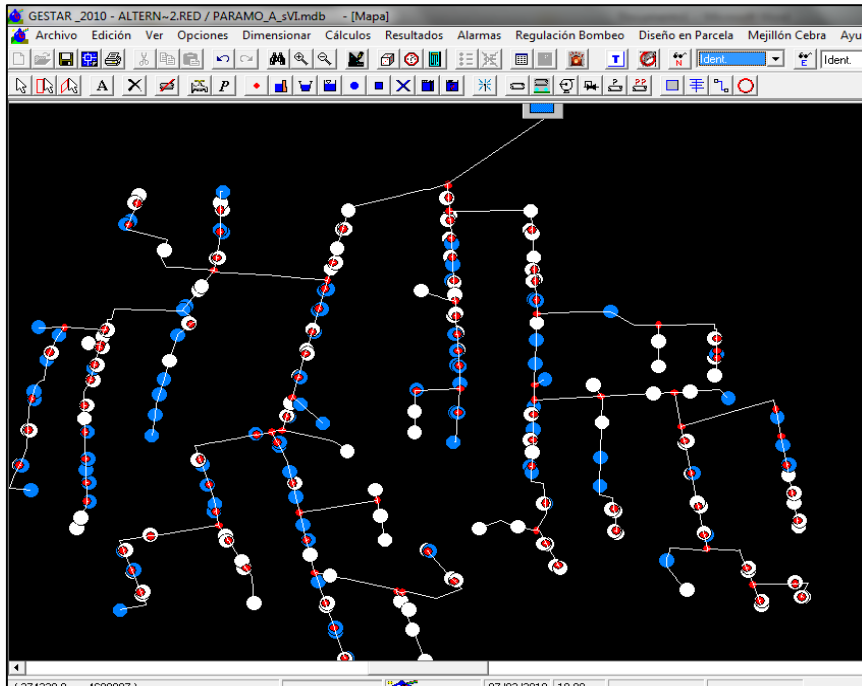
Pressiones

TOTAL Selecionar rango de apertura (%) Excel

| Label | Avor(PDin) | Nº Fails | % | Fails/Ooen | Max(Def) | Avor(Def) |
|-------------|------------|----------|-----|------------|----------|-----------|
| HID0131:001 | 57,5 | 3 | 5,5 | 3/55 | 0,1 | 0 |
| HID0209:001 | 53,9 | 2 | 1,8 | 2/112 | 1,5 | 0,8 |
| HID0210:001 | 55,4 | 3 | 2,6 | 3/114 | 2,1 | 1,1 |
| HID0208:002 | 48,9 | 1 | 1,7 | 1/59 | 0,1 | 0,1 |
| HID0233:001 | 59,3 | 1 | 1 | 1/103 | 3,2 | 3,2 |
| HID0232:002 | 58,7 | 1 | 3,4 | 1/29 | 3,5 | 3,5 |
| HID0222:001 | 52,9 | 1 | 1 | 1/101 | 0,5 | 0,5 |

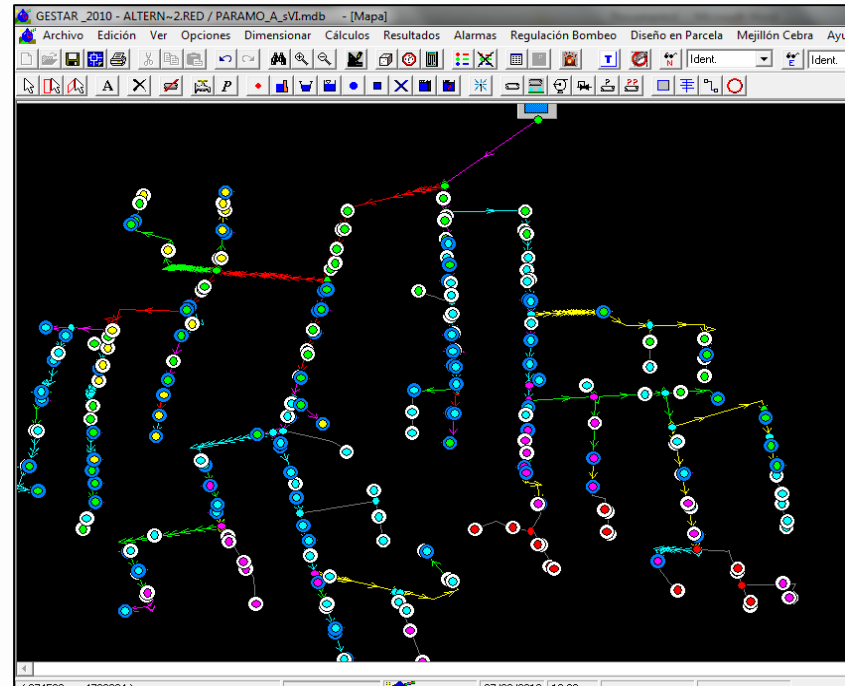
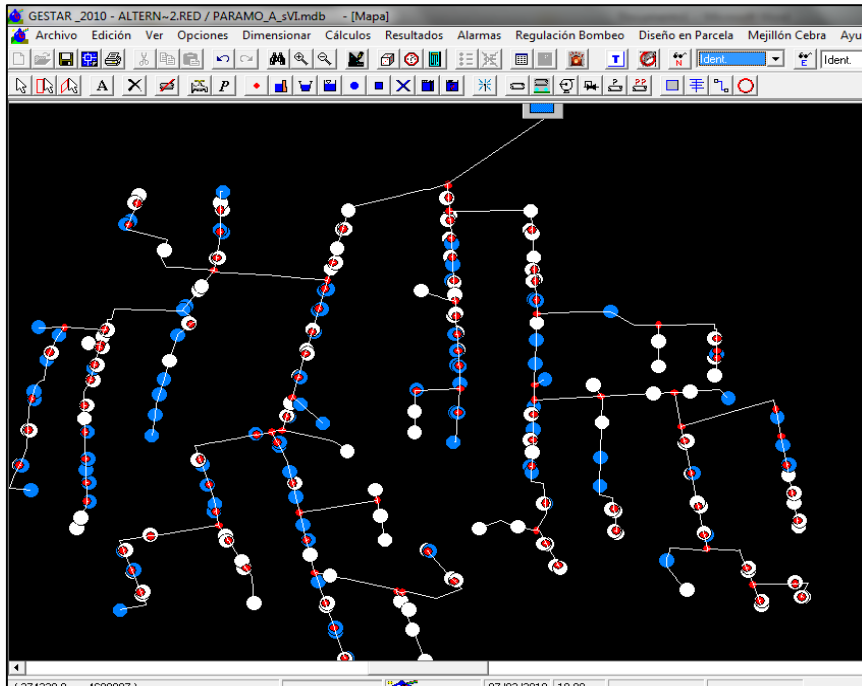
► INTERFAZ SIMULACIÓN ESCENARIOS PARA DISTINTAS PROBABILIDADES HIDRANTES ABIERTOS

TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS



- ▶ **APLICACIONES INFORMÁTICAS QUE MODELICEN Y SIMULEN HIPÓTESIS EN TIEMPO RAZONABLE**
- ▶ **DIFICULTAD CÁLCULO GOLPE ARIETE. DEPENDE Q CIRCULANTE EN LA RED POR CADA TRAMO VARIABLE EN FUNCIÓN Nº y UBICACIÓN HID. ABIERTOS**
- ▶ **POCA CREDIBILIDAD DE HIPÓTESES SIMPLIFICADORAS** (ELIMINAR RAMALES, QUE SÓLO AMORTIGUAN EL GOLPE, DIÁMETROS Y LONG. EQUIVALENTE, SIMULACIÓN DE DEPÓSITOS EN COLAS DE REDES, ETC.)

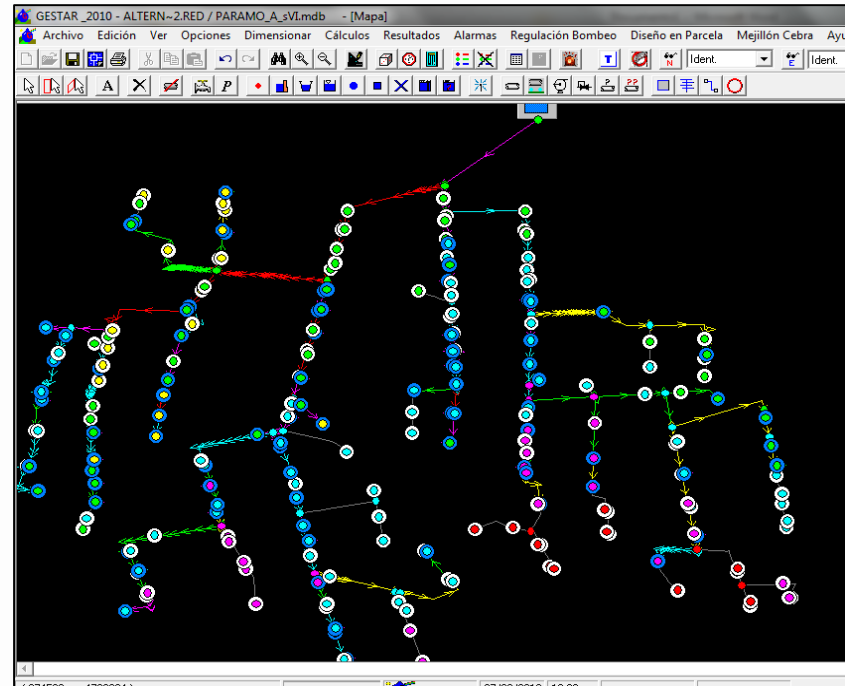
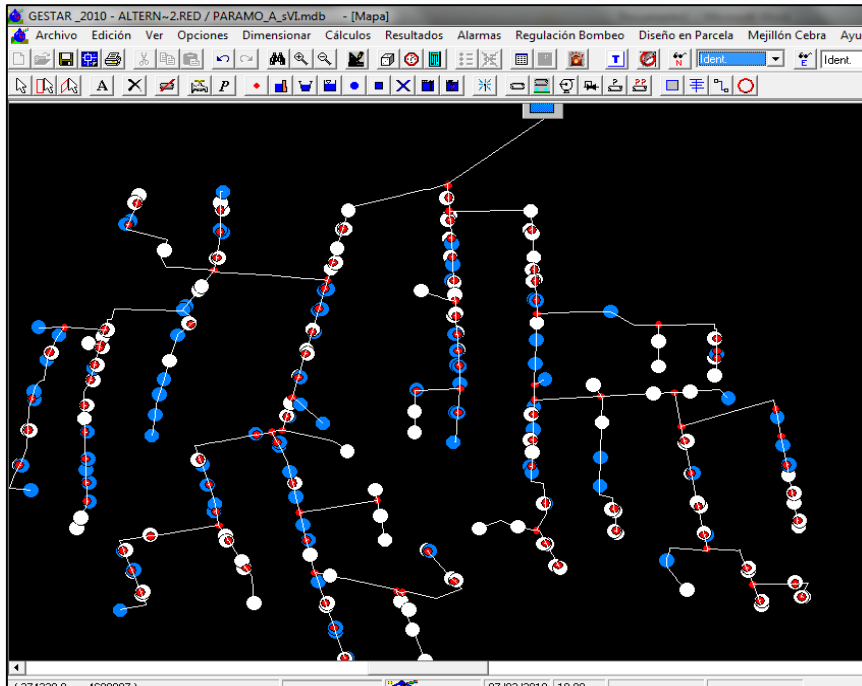
TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS



► **ESCALA VALIDEZ EN SIMULACIÓN DE OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN SIMULACIÓN** (AIRE EN TUBERÍAS, AMORTIGUACIONES ONDA POR ELEMENTOS NO MODELIZADOS, ETC.)

► **MALA SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ELEMENTOS DE RED Y PROTECCIÓN** (CALDERINES, CHIMENEAS, VENTOSAS, VÁLV. RETENCIÓN, ALIVIO Y ANTICIPADORAS, ETC.) → **FALTA INFORMACIÓN, RARAMENTE SUMINISTRADOS POR LOS FABRICANTES** (INERCIA, TIEMPOS APERTURA, ETC.)

TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS



EN LA PRÁCTICA, ESCASOS PROBLEMAS

MÁXIMO GOLPE ARIETE CUANDO: MÁX.

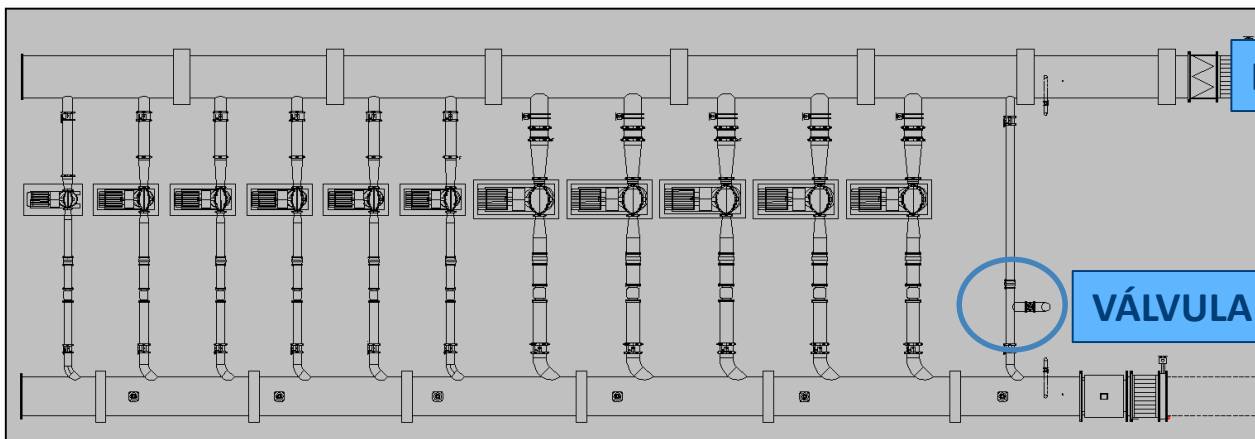
Nº EMISORES ABIERTOS = MÁX. CAUDAL

EMISORES ELEMENTO AMORTIGUADOR



TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

✧ VÁLVULA ALIVIO Y VÁLVULA RETENCIÓN



DATOS: 4.600 L/seg. 4.200 Kw

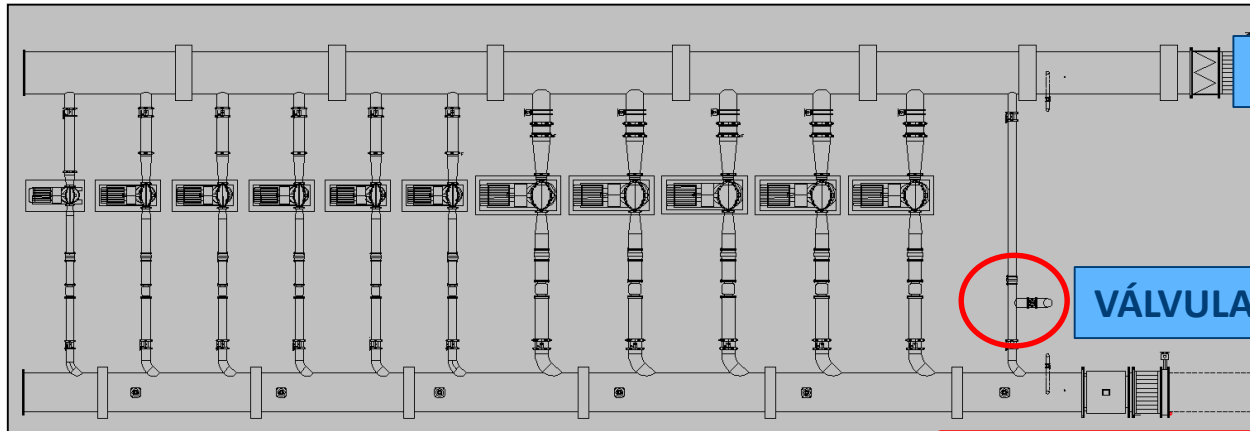
VÁLVULA ALIVIO Y RETENCIÓN EN BYPASS





TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

✧ VÁLVULA ALIVIO Y VÁLVULA RETENCIÓN



DATOS: 4.600 L/seg. 4.200 Kw

VÁLVULA ALIVIO Y RETENCIÓN EN BYPASS

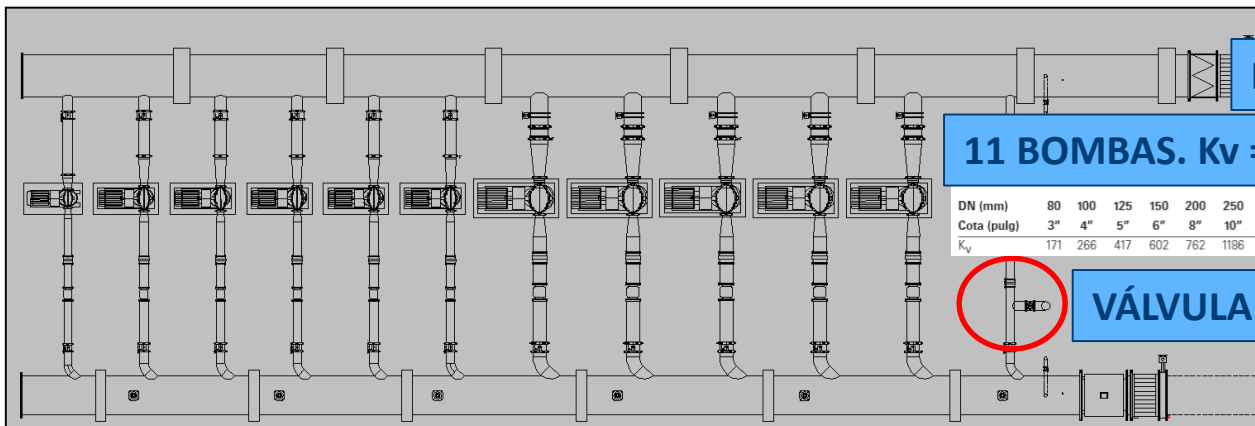


VÁLVULA ALIVIO DN 400 mm



TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

✳ VÁLVULA ALIVIO Y VÁLVULA RETENCIÓN

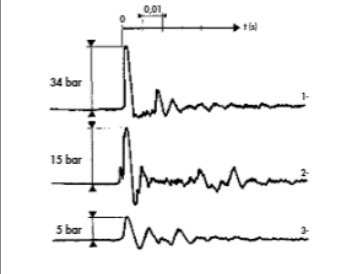


DATOS: 4.600 L/seg. 4.200 Kw

11 BOMBAS. $K_v = m^3/h$. DN BOMBA =DN RETENCIÓN

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DN (mm) | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 |
| Cota (pulg) | 3" | 4" | 5" | 6" | 8" | 10" | 12" | 14" | 16" | 18" | 20" | 24" | 28" | 32" | 36" | 40" | 48" | 56" | 64" | 72" |
| K_v | 171 | 266 | 417 | 602 | 762 | 1196 | 1704 | 2312 | 3067 | 4003 | 4830 | 6937 | 13091 | 12170 | 21378 | 19319 | 38451 | 52549 | 68635 | 86861 |

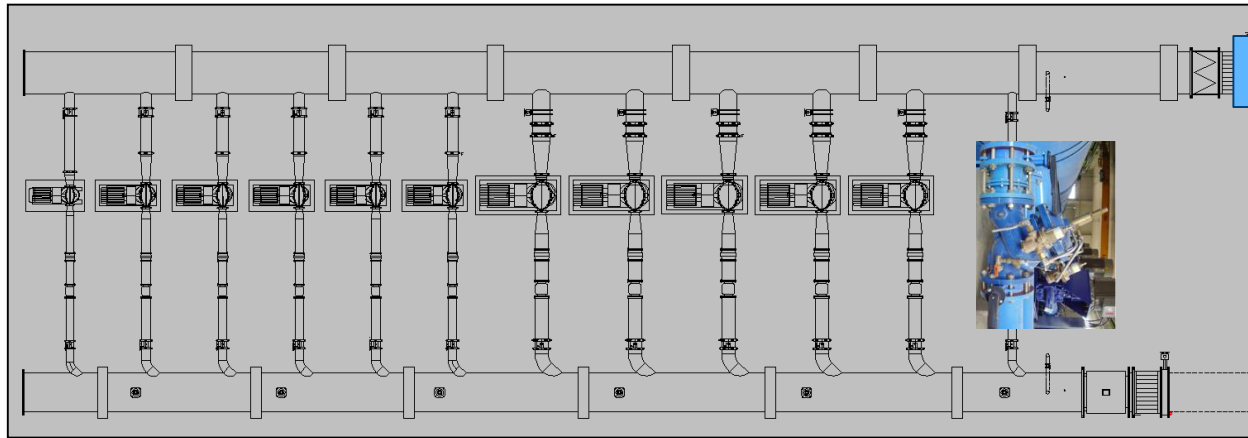
VÁLVULA ALIVIO Y RETENCIÓN EN BYPASS





TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

✧ VÁLVULA ALIVIO Y VÁLVULA RETENCIÓN



DATOS: 4.600 L/seg. 4.200 Kw

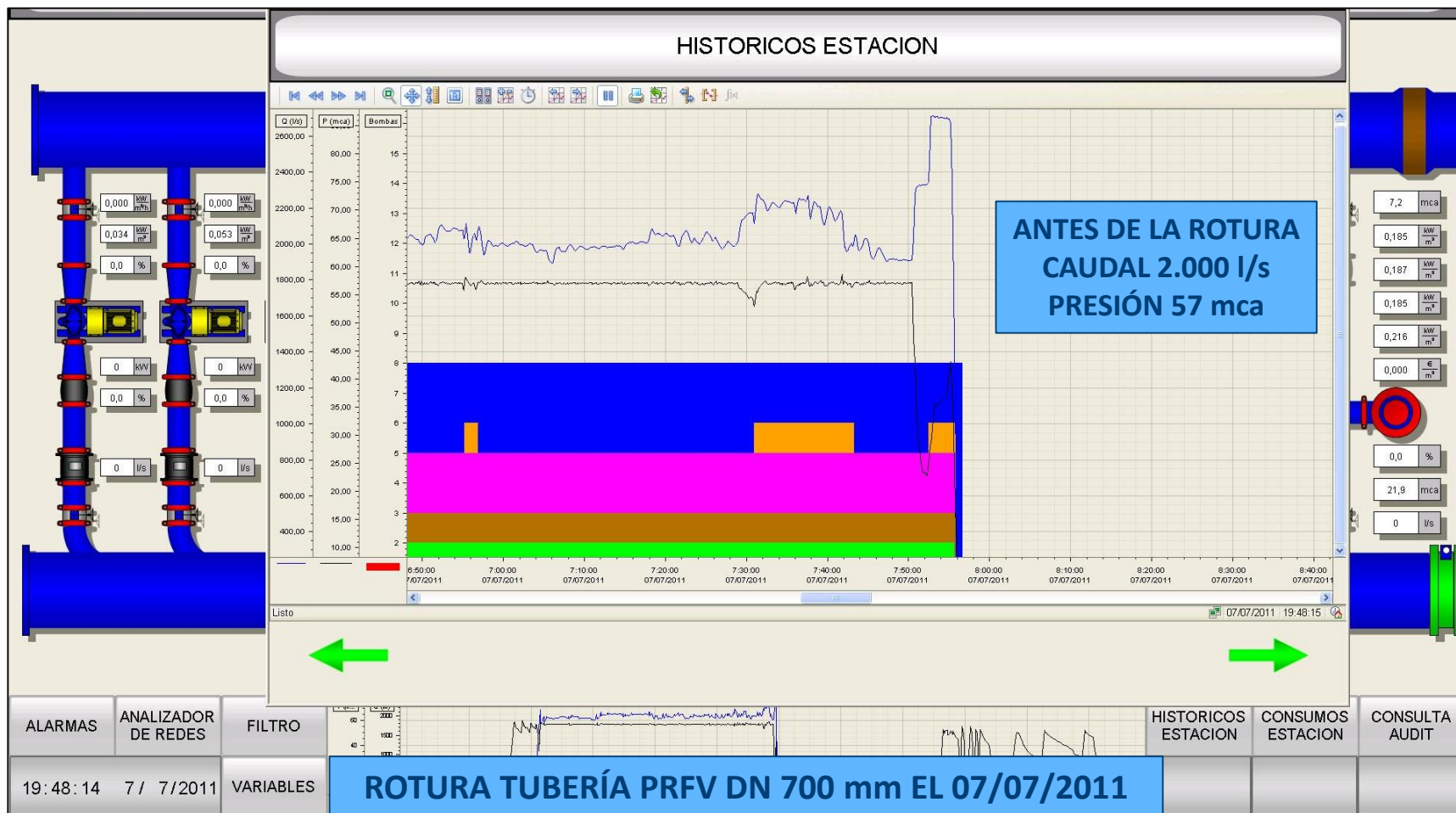


VÁLVULA APERTURA ANTICIPADA DN 400 mm



TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

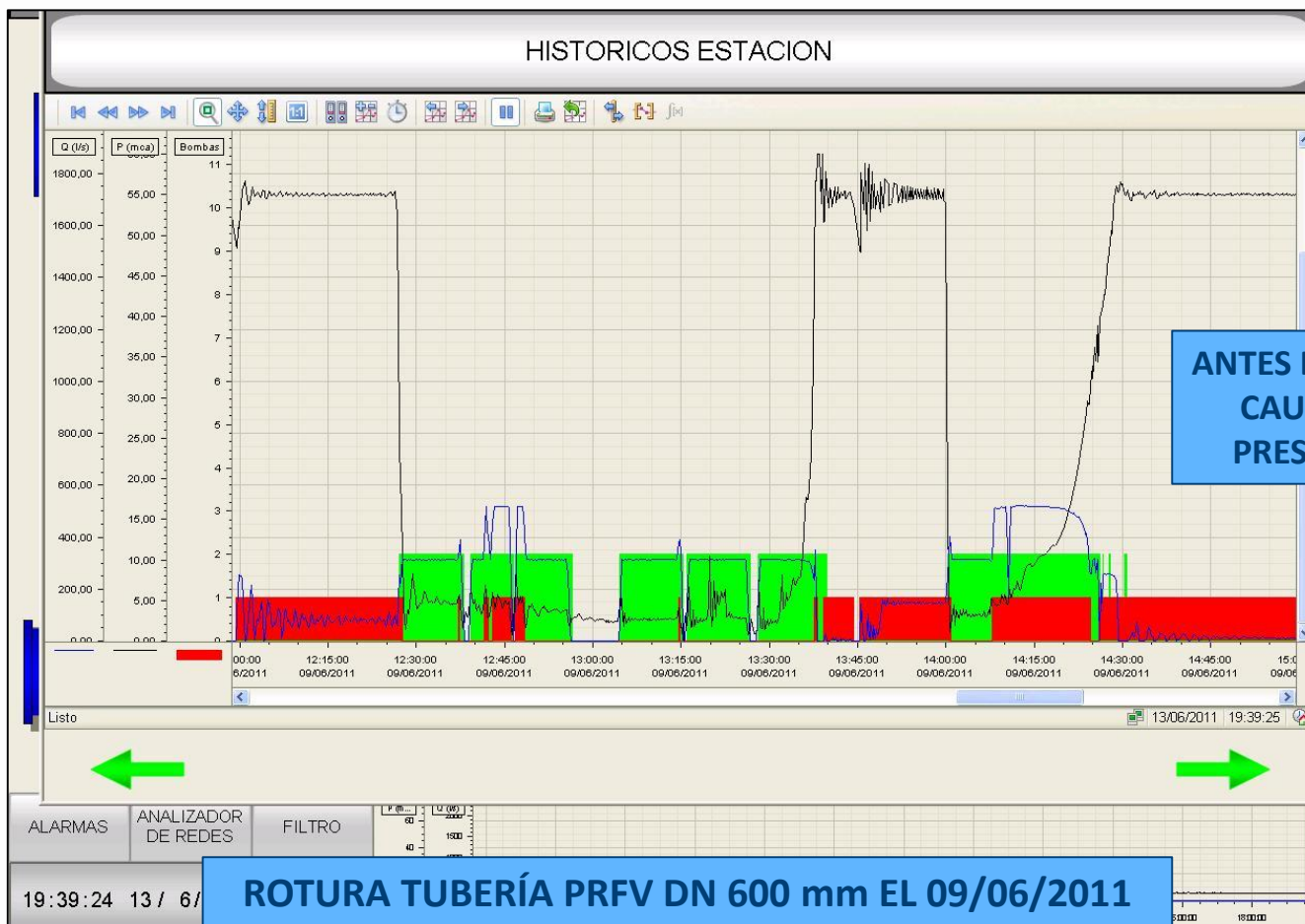
✧ GRÁFICAS SCADA ESTACIÓN DE BOMBEO





TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

✧ GRÁFICAS SCADA ESTACIÓN DE BOMBEO



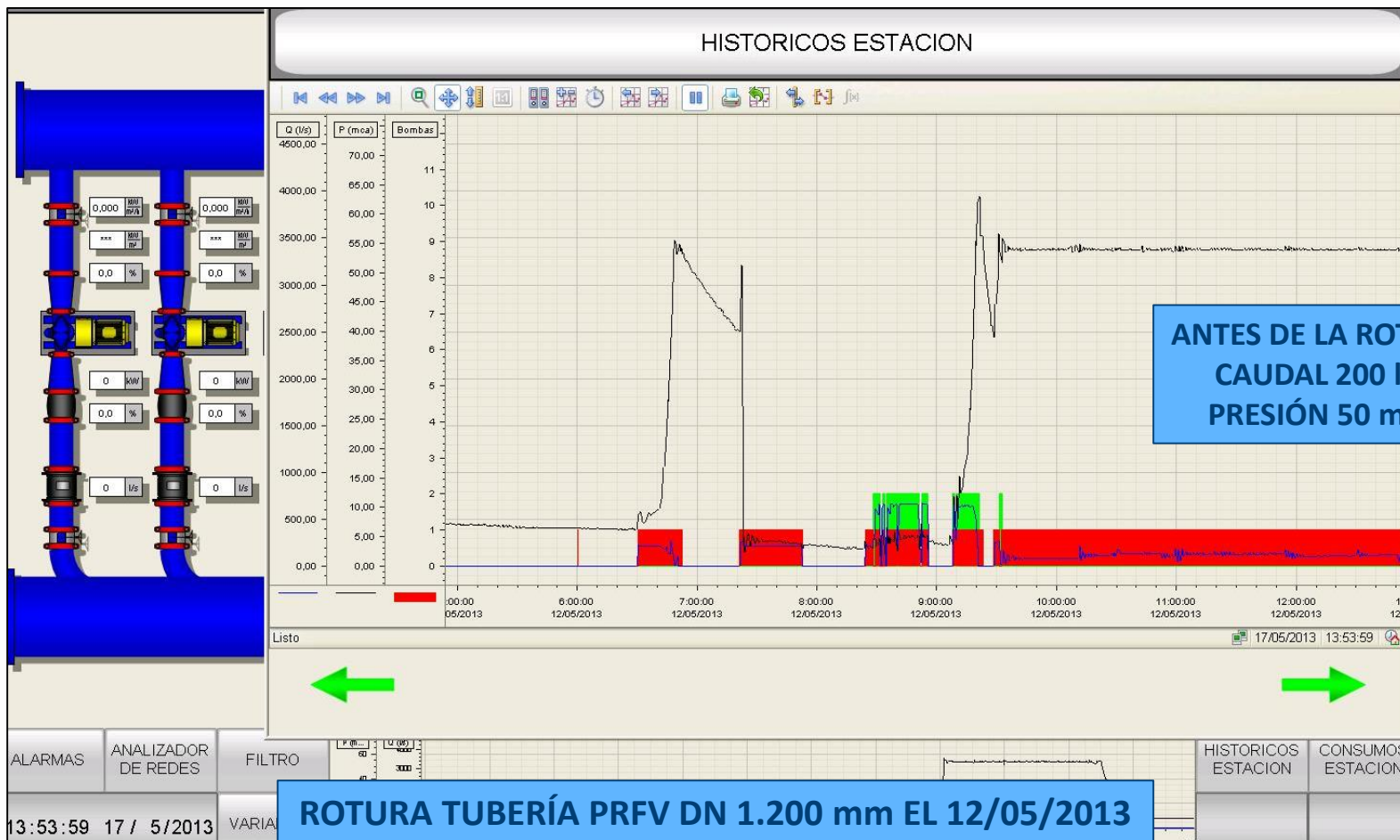
**ANTES DE LA ROTURA
CAUDAL 200 l/s
PRESIÓN 55 mca**

ROTURA TUBERÍA PRFV DN 600 mm EL 09/06/2011



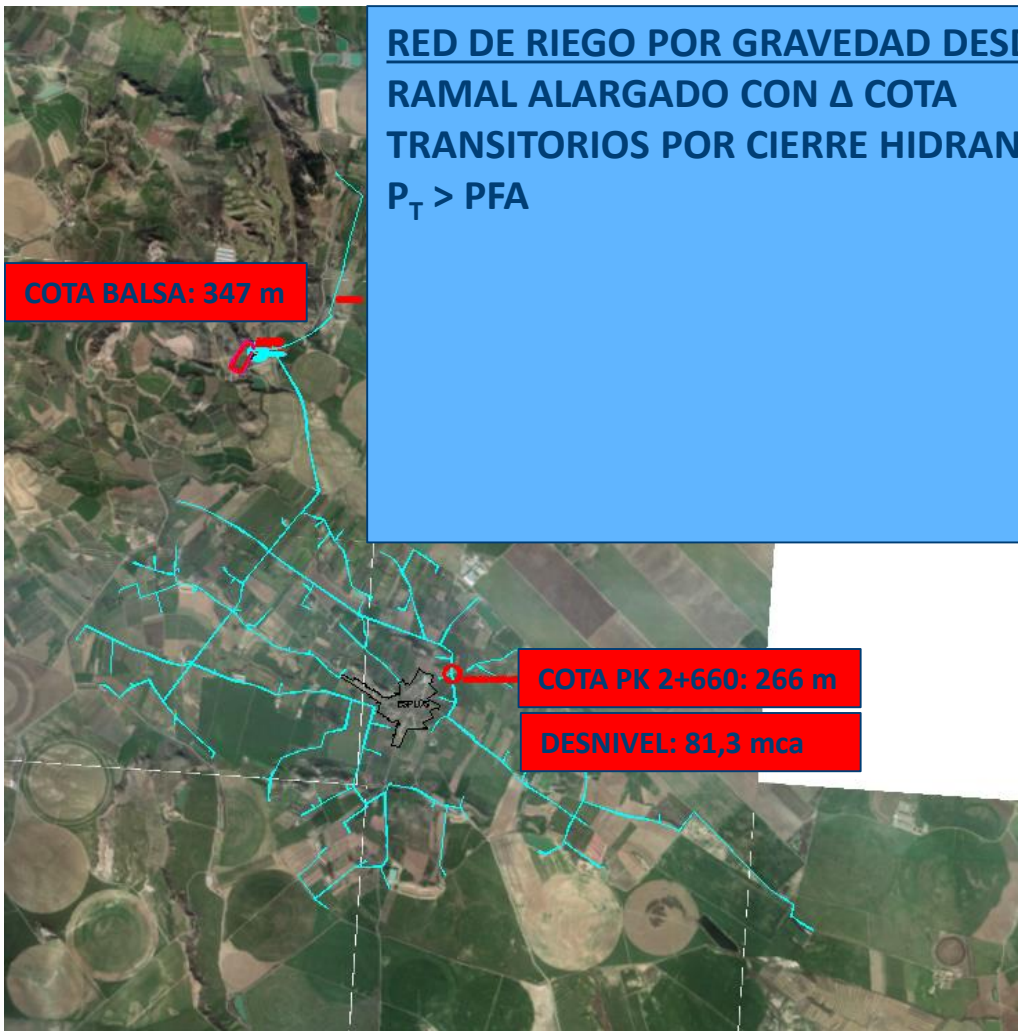
TRANSITORIOS EN REDES RAMIFICADAS

✧ GRÁFICAS SCADA ESTACIÓN DE BOMBEO





VÁLVULAS REGULADORA Y ALIVIO EN RED



RED DE RIEGO POR GRAVEDAD DESDE Balsa
RAMAL ALARGADO CON Δ COTA
TRANSITORIOS POR CIERRE HIDRANTES > 6" EN COLA
 $P_T > P_{FA}$





VÁLVULAS REGULADORA Y ALIVIO EN RED



RED DE RIEGO POR GRAVEDAD DESDE Balsa
RAMAL ALARGADO CON Δ COTA
TRANSITORIOS POR CIERRE HIDRANTES > 6" EN COLA
 $P_T > P_{FA}$

SOLUCIÓN

VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN DN 400mm





VÁLVULAS REGULADORA Y ALIVIO EN RED



| Nº AVERIA | Fecha | Ubicación avería | Ramal | Diámetro PRFV (mm) | Timbraje |
|-----------|------------|------------------|-------|--------------------|----------|
| 9 | 01/07/2011 | 3+700 | R-3 | 600 | 16 |
| 10 | 12/08/2011 | 3+100 | R-3 | 600 | 10 |
| 11 | 21/08/2011 | 3+000 | R-3 | 600 | 10 |
| 12 | 29/09/2011 | 1+800 | R-3 | 700 | 10 |

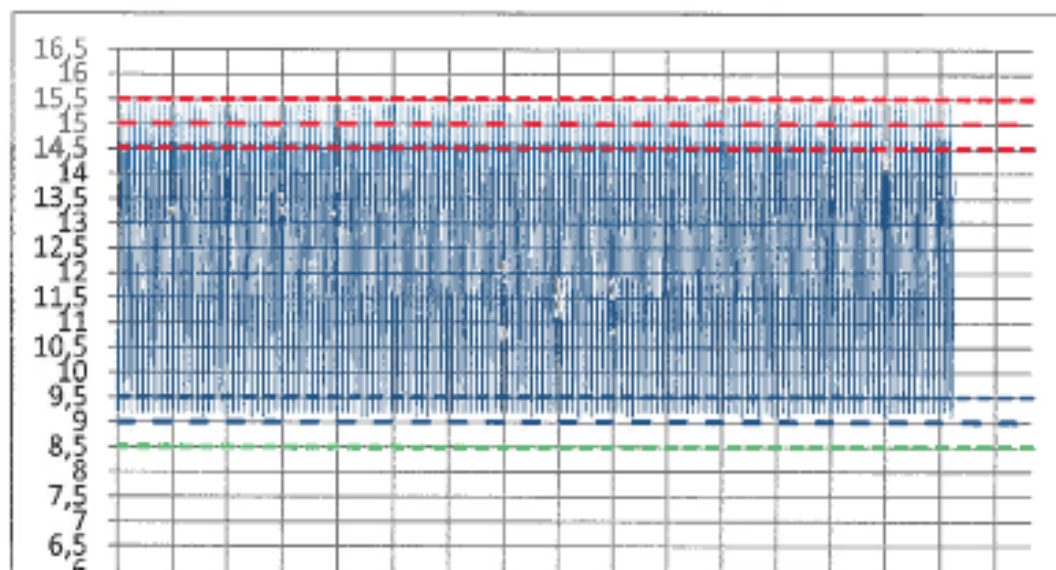
| Nº AVERIA | Fecha | Ubicación avería | Ramal | Diámetro PRFV (mm) | Timbraje |
|-----------|------------|------------------|-------|--------------------|----------|
| 13 | 01/09/2012 | 0+740 | R-3 | 700 | 10 |
| 14 | 14/09/2012 | 2+030 | R-3 | 700 | 10 |
| 15 | 23/10/2012 | 3+540 | R-3 | 600 | 10 |



VÁLVULAS REGULADORA Y ALIVIO EN RED

✧ FATIGA

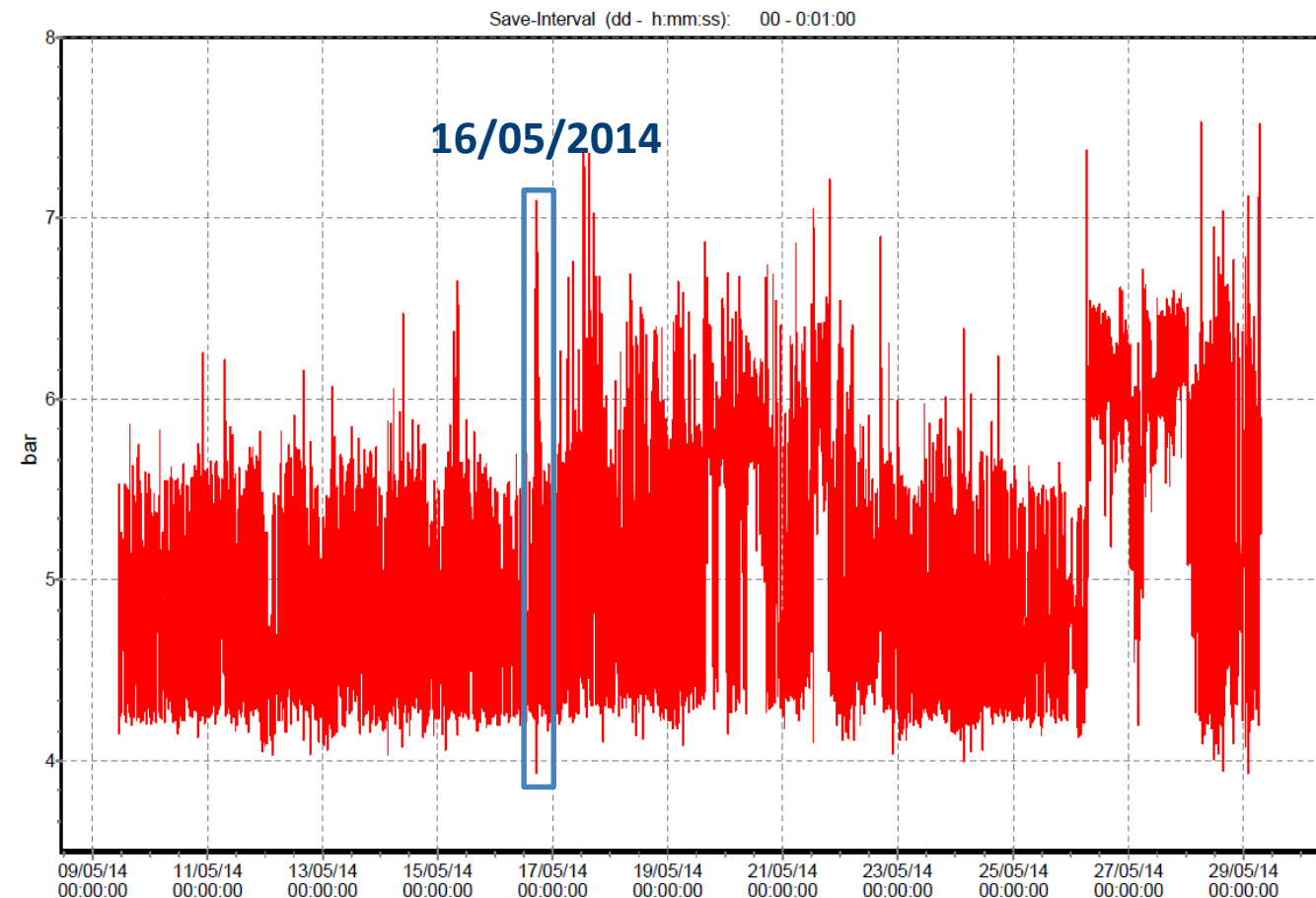
Medida de la merma de propiedades (resistencia a presión interna). 1.000.000 ciclos de presurización/despresurización. Según Norma ISO 15306 “Glass reinforced thermosetting plastics (GRP) pipes – Determination of the resistance to cyclic internal pressure”





VÁLVULAS REGULADORA Y ALIVIO EN RED

Viewer - File: 4SEGUNDOS_09,05,2014_10,39,52_00.IDC





VÁLVULAS REGULADORA Y ALIVIO EN RED

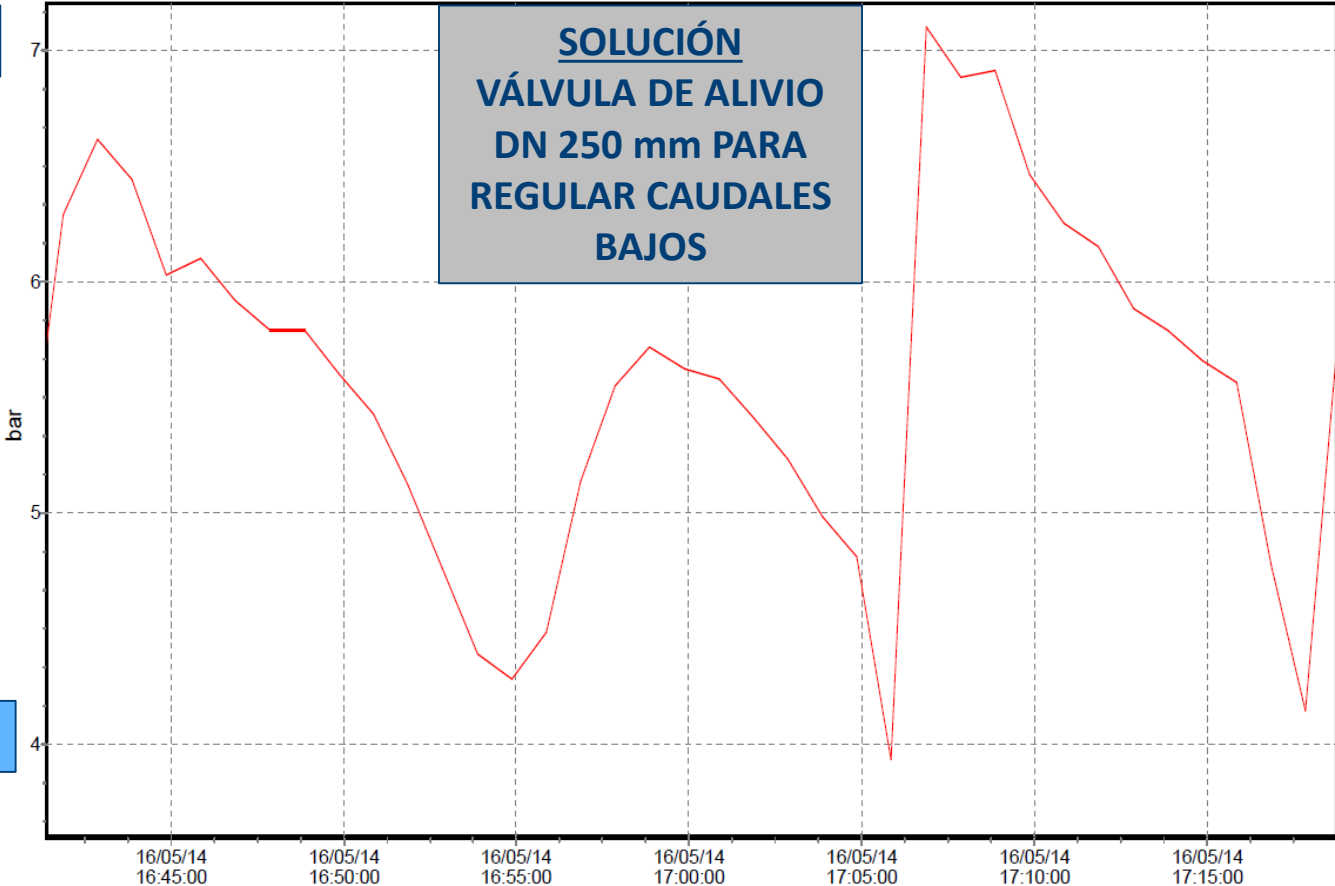
INCORRECTO FUNCIONAMIENTO DE VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN

Viewer - File: ESPLUS del 9-05-14 al 29-05-14.IDC

Save-Interval (dd - h:mm:ss): 00 - 0:01:00

7 bar

4 bar

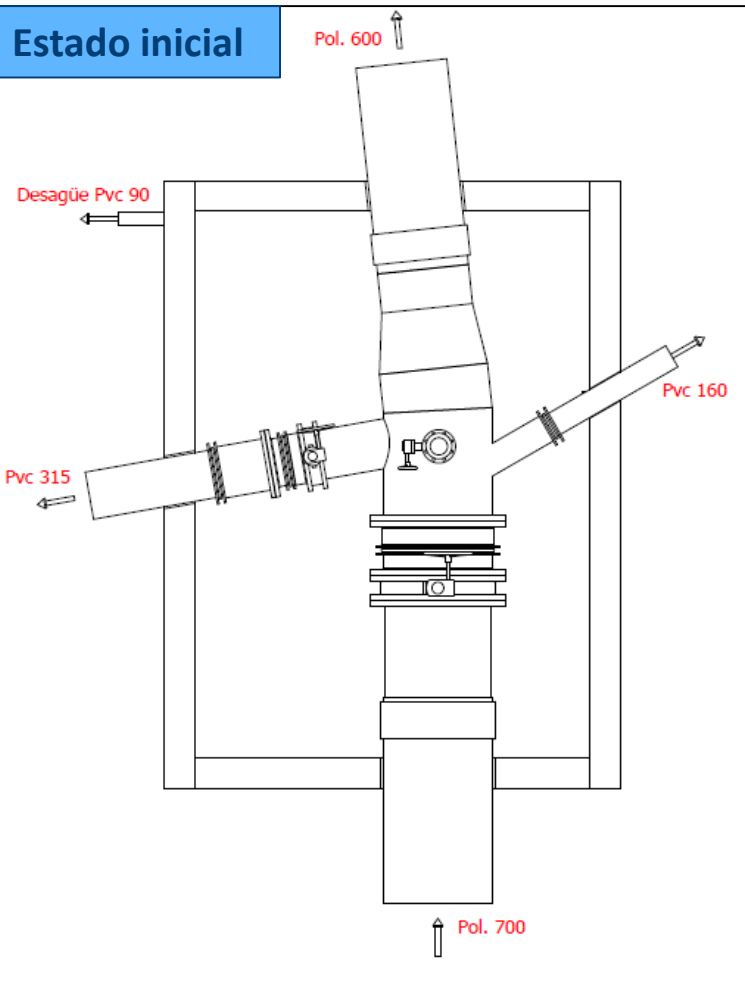




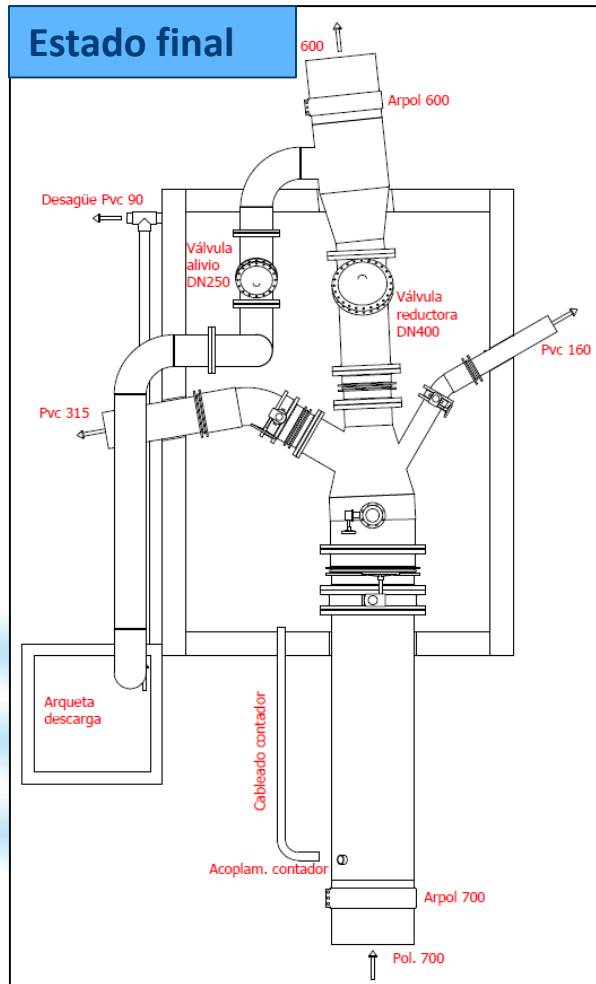
VÁLVULAS REGULADORA Y ALIVIO EN RED

INCORRECTO FUNCIONAMIENTO DE VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN

Estado inicial



Estado final





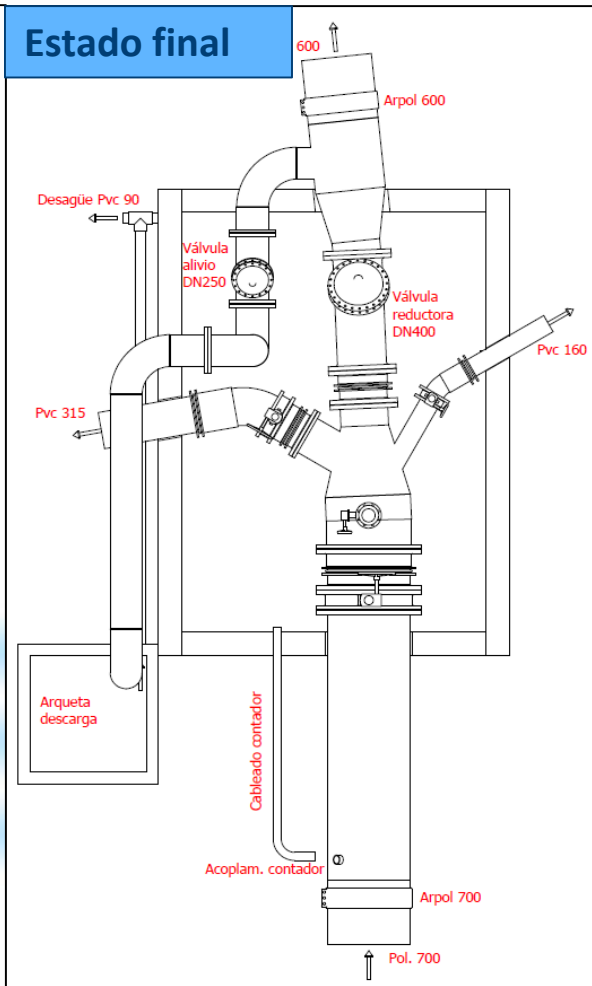
VÁLVULAS REGULADORA Y ALIVIO EN RED

INCORRECTO FUNCIONAMIENTO DE VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN

Estado inicial



Estado final





OTROS ELEMENTOS EN LA RED DE RIEGO

✘ VENTOSAS TRIFUNCIONALES EN PUNTOS ALTOS O MÁX 500 M. LONGITUD





OTROS ELEMENTOS EN LA RED DE RIEGO

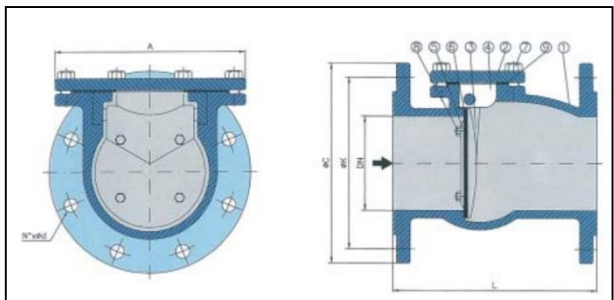
✧ CHIMENEAS DE EQUILIBRIO



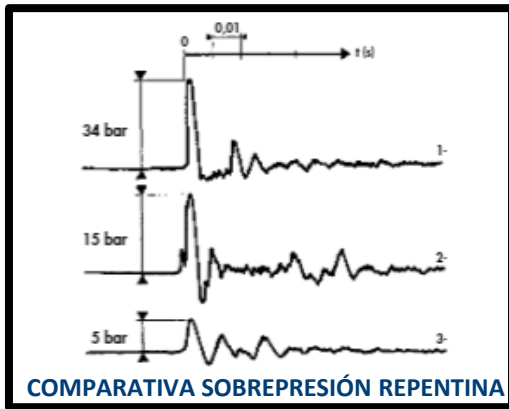


OTROS ELEMENTOS EN LA RED DE RIEGO

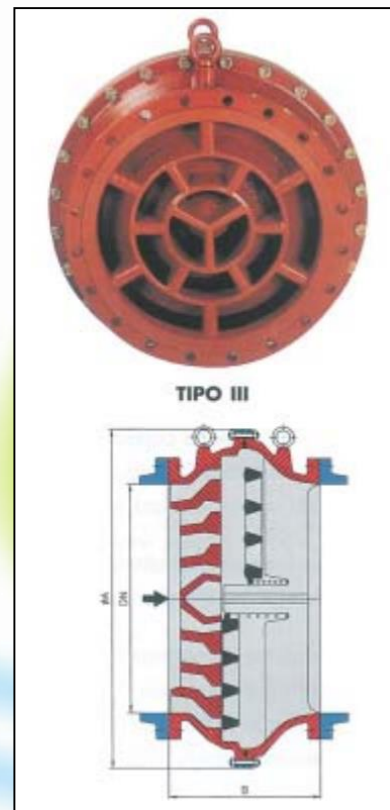
✳ VÁLVULAS DE RETENCIÓN



CLAPETA SIMPLE



DOBLE CLAPETA





CONCLUSIONES

**LA CIENCIA DE HOY ES LA
TECNOLOGÍA DE MAÑANA**

Edward Teller

**LA TECNOLOGÍA ES MEJOR
CUANDO REUNE A LA GENTE**

Matt Mullenweg



Gracias por vuestra atención

JOSE ANGEL HERNÁNDEZ REDONDO

Subdirector de Obras y Explotación de SEIASA

j.hernandez@seiasa.es

