

Funcionamiento y mantención de Sistemas de Riego

Proyecto 17PDT-88936



SUSTREND



Programa de Difusión Tecnológica

Paulina Pino Guzmán
Ingeniero Agrónomo
Magíster en Ciencias Agropecuarias

Copiapó
20-12-2019



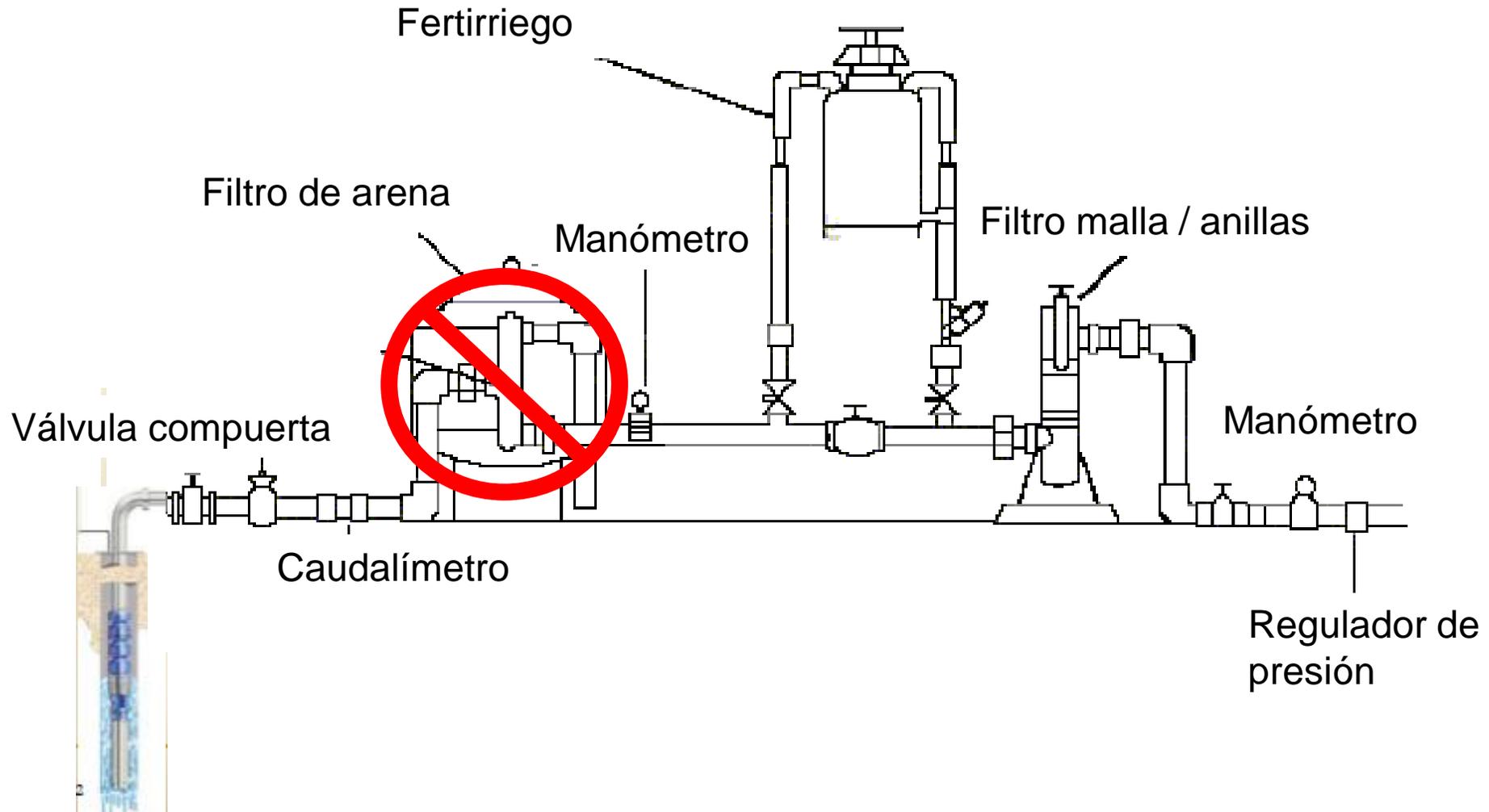
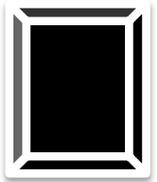
Funcionamiento y mantenimiento de Sistemas de Riego

1. Componentes del sistema de riego
2. Evaluación y mantenimiento del sistema de riego

Cabezal de riego

Si la fuente de agua es un pozo

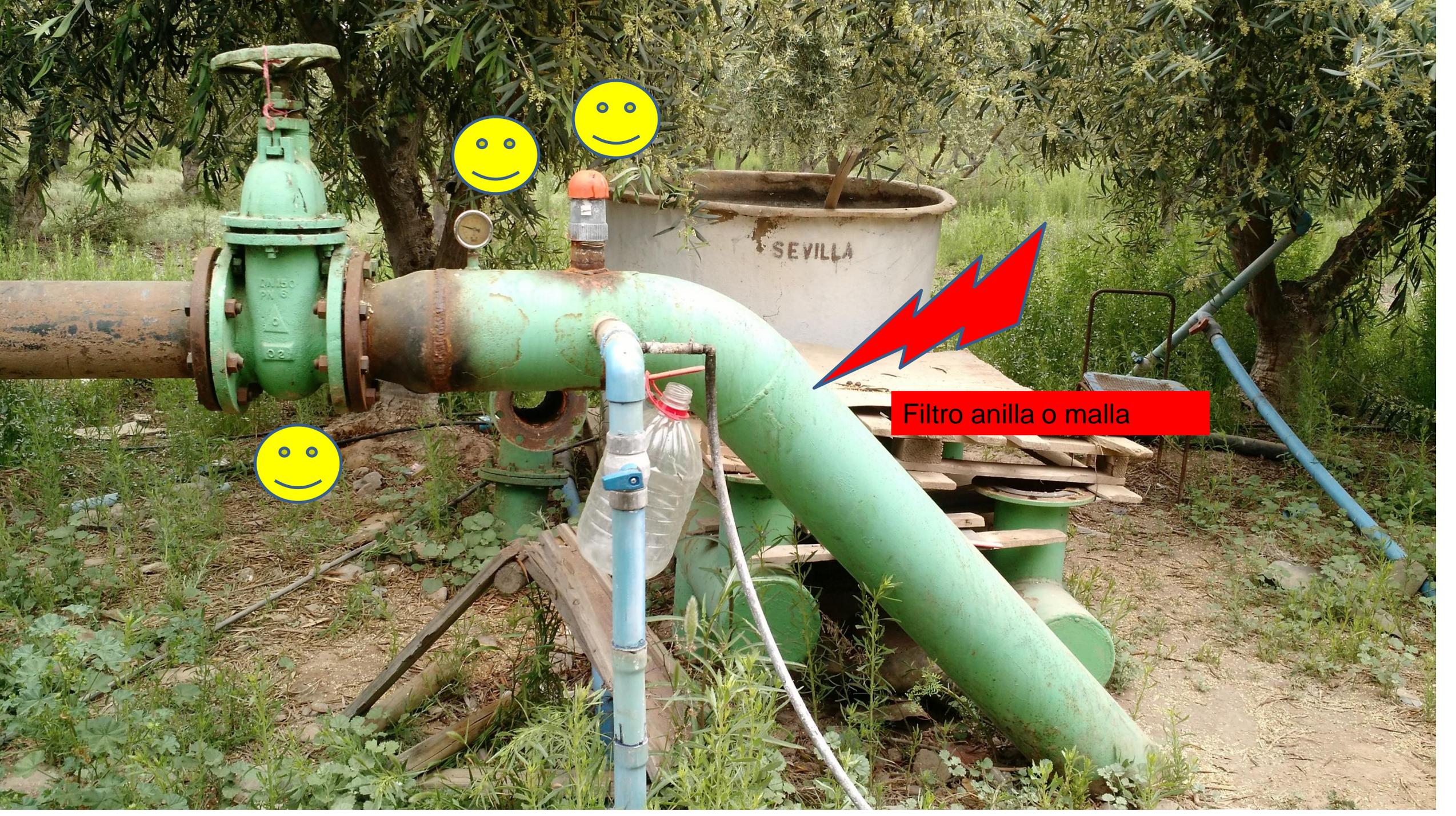
Tablero



EJEMPLO

Manómetro

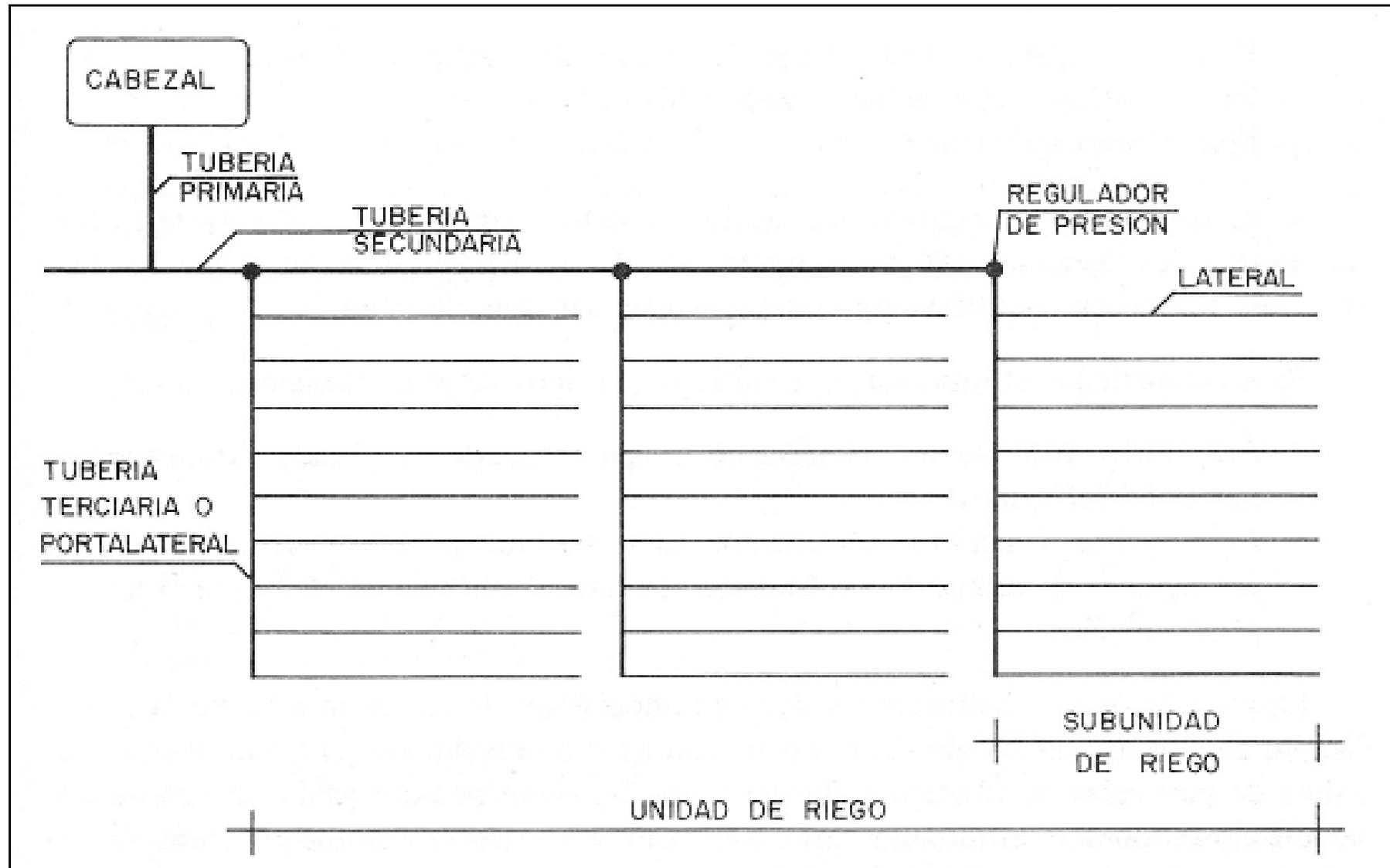




Filtro anilla o malla

SEVILLA

Red de distribución



Tubería terciaria



POZO

- **PRUEBA DE BOMBEO**

- Medir cuando el pozo no ha sido bombeado en las ultimas 12 horas

- **NIVEL ESTÁTICO**

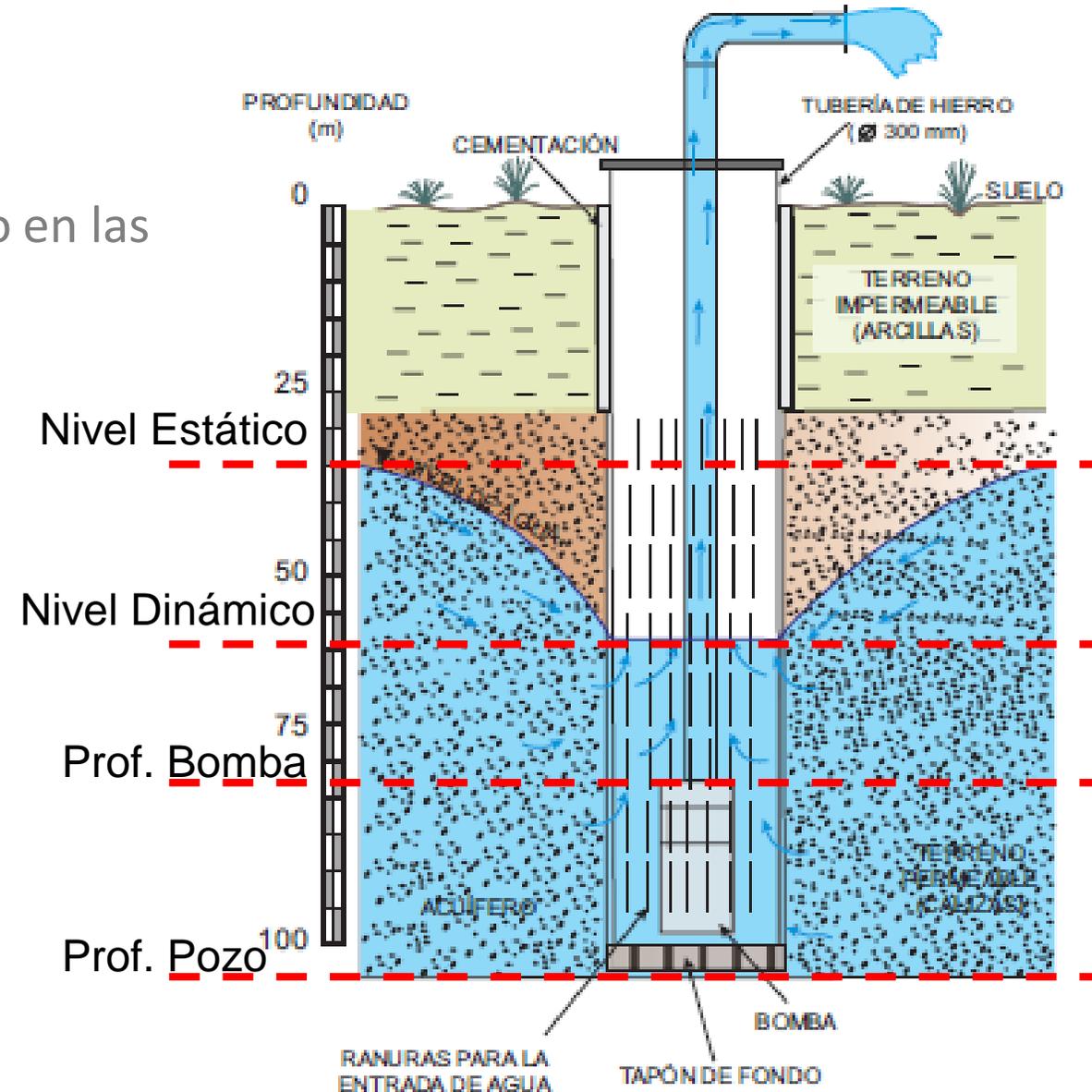
- Altura de agua previo a la extracción
- Máximo nivel con pozo recuperado

- **NIVEL DINÁMICO**

- Altura de agua durante el bombeo

- **Resultado: rendimiento del pozo**

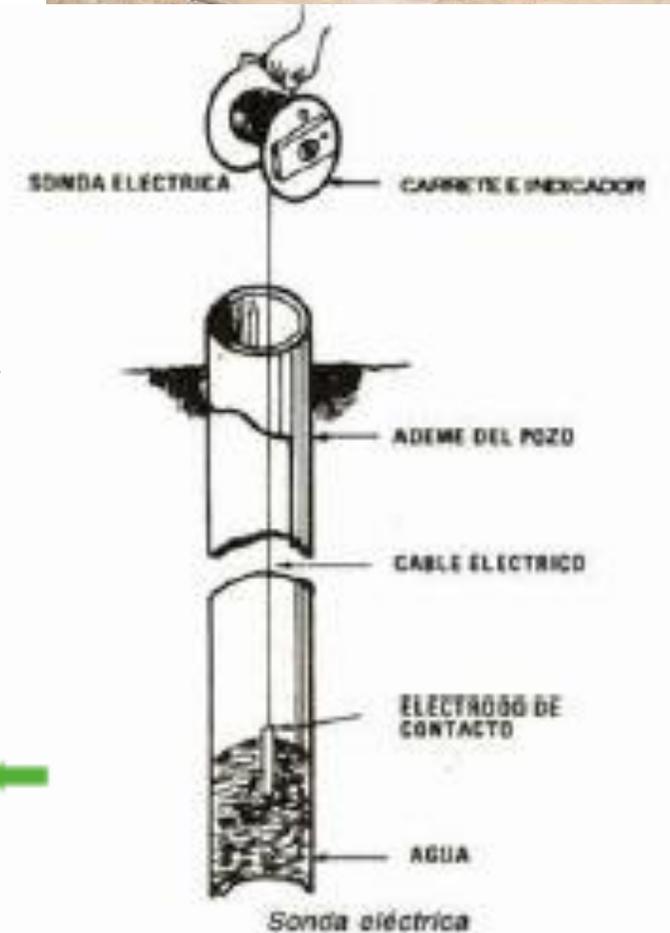
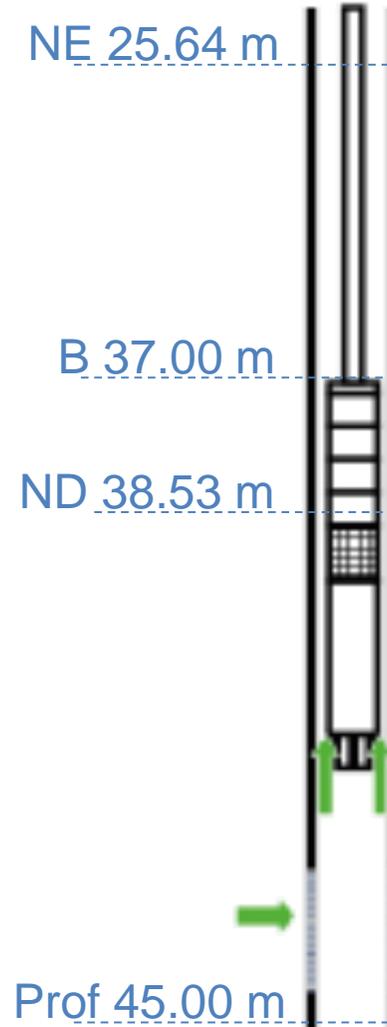
- Caudal / Presión de extracción
- Demora en recuperar el nivel estático
- Considerar altura de la bomba



POZO

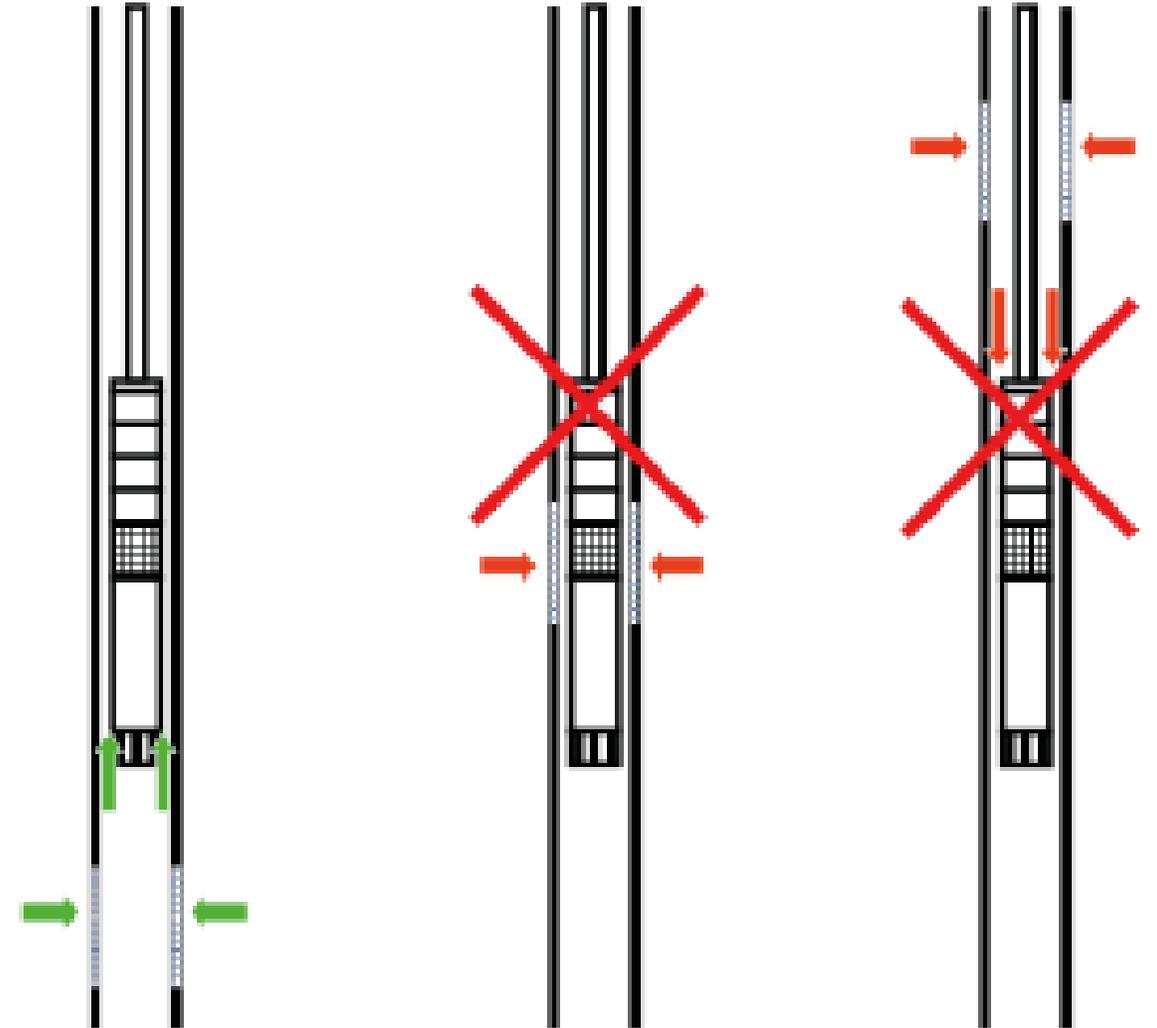
- PRUEBA DE BOMBEO
- Tomar 3 lecturas y sacar el promedio
- Obs: altura de la bomba (37 metros)

Hora	Nivel Estático (m)	Hora	Nivel Dinámico (m)
10:29 am	25.62	10:45 am	38.80
10:33 am	25.90	10:50 am	38.20
10:37 am	25.40	10:55 am	38.60
Promedio	25.64		38.53



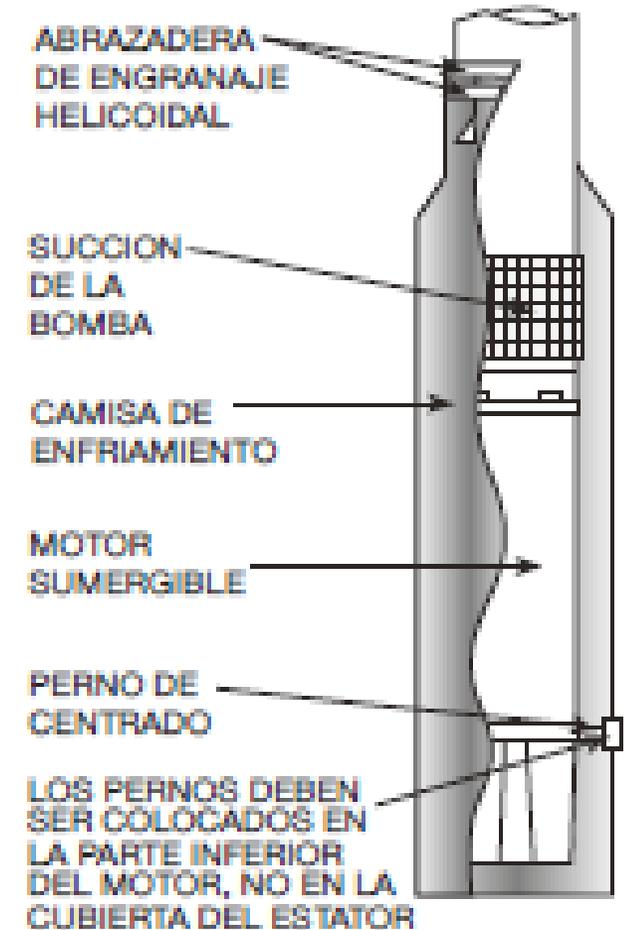
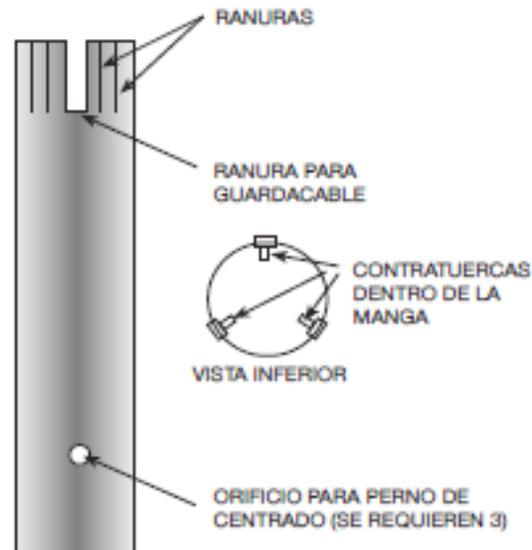
BOMBAS SUMERGIBLES

- **PRECAUCIONES**
- Ubicación:
 - Por debajo del nivel dinámico y de acuerdo al NPSH característico del equipo
 - Por sobre las cribas o ranuras del tubo del pozo
 - El nivel del agua debe estar siempre sobre el filtro de aspiración de la bomba según su NPSH
- Agua con $< 30/40$ gr de arena por m^3
- Respetar curva de diseño / Cavitación
- Temperatura del agua
 - $< 25^{\circ}C$ de lo contrario requiere motor de mayor potencia
 - $< 0^{\circ}C$ la bomba debe sacarse del pozo

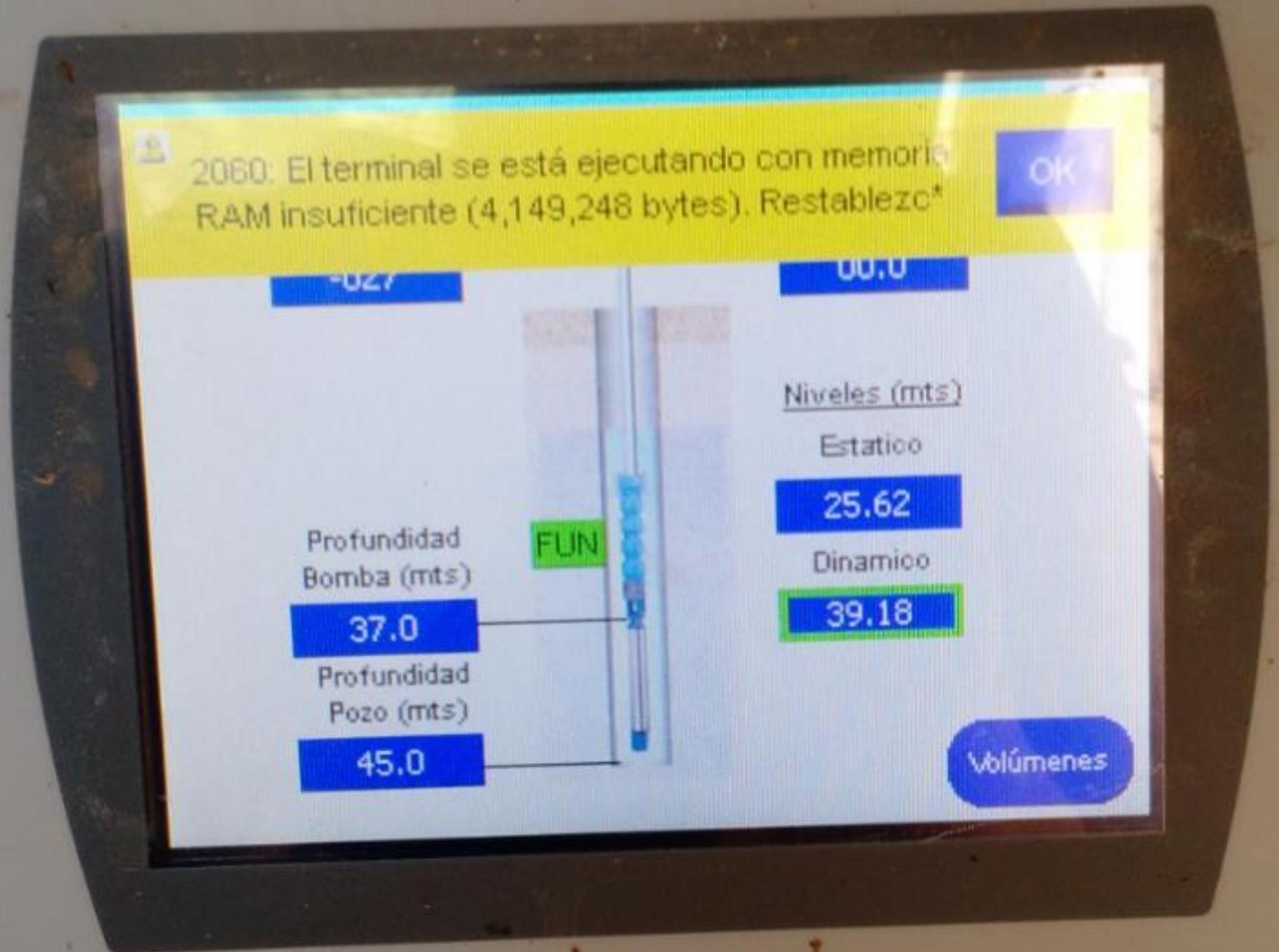


BOMBAS SUMERGIBLES

- Precauciones
- Caudal mínimo para enfriar el motor
 - motores de $\varnothing 4''$ (7,7 cm/seg)
 - motores de $\varnothing 6''$ u $8''$ (15-16 cm/seg)
 - Q menores al mínimo requerido requiere la instalación de una camisa de refrigeración
- Evitar el funcionamiento en seco



EJEMPLO



BOMBAS SUMERGIBLES

- **Conexiones eléctricas**
- Medir voltaje y amperaje para proteger el motor de la bomba
- En el motor y en el tablero se indica la corriente nominal del motor que no debe sobrepasarse (monofásico)
- Poseer protección de desenganche rápido que proteja el motor contra caídas de tensión, falta de fase, sobrecarga o rotor bloqueado (trifásicas)

TABLA DE CARACTERÍS

Modelo	Motor		AMP
	KW	HP	380 V
S 40-2A	18,5	25	40
S 40-3AA	22	30	47
S 40-3	30	40	64
S40-4	37	50	80
S 40-5A	45	60	89
S 40-6A	55	75	111
S 40-8	75	100	148
S 40-10	92	125	194
S 50-2AA	18,5	25	38
S 50-2A	22	30	47
S 50-3AA	30	40	64
S 50-3	37	50	80
S 50-4A	45	60	89
S 50-5A	55	75	111
S 50-7AA	75	100	148
S 50-8	92	125	194
S 75-2AA	30	40	64
S 75-2A	37	50	80
S 75-2	45	60	89
S 75-3A	55	75	111
S 75-4	75	100	148
S 75-5	92	125	194
S 75-6	110	150	232
S 75-7	132	175	-
S 75-8	147	200	-

ÁREA DE MEJOR EFICIEN

VOLTIMETRO



HOROMETRO



AMPERIMETRO



SELECTOR VOLTIMETRO



MAN O AUTO



FALLA NIVEL



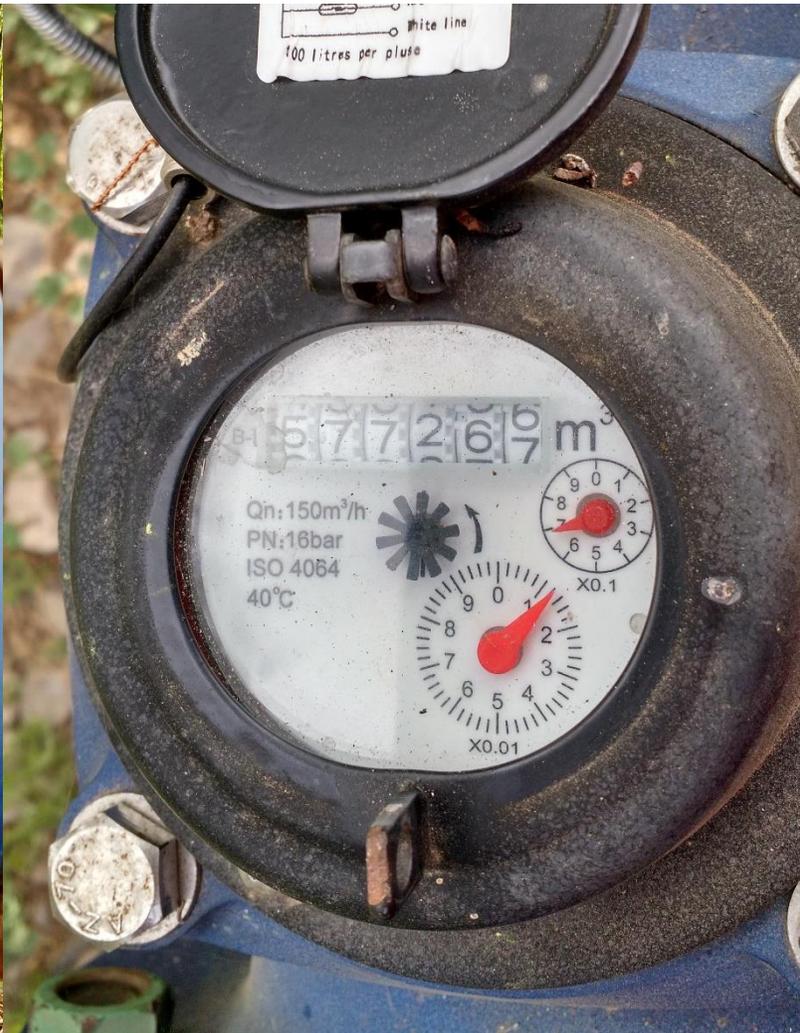
Instrumentos de control y medida



Instrumentos de control y medida

- Estimación del caudal por sector de riego
- Medición de la presión de trabajo
- Chequear que los cálculos coincida con la medición del caudalímetro y de los rangos de trabajo de la bomba (amperes, voltaje) y su curva de trabajo

EJEMPLO



Tablero eléctrico y programador

- Cada semana, revisar visualmente todos los componentes externos
- Revisar conexiones.
- Verificar funcionamiento en general (amperímetro, voltímetro y otros)
- Desconectar de la fuente de energía para limpiar tablero



Mod. 10 (1971)



W22

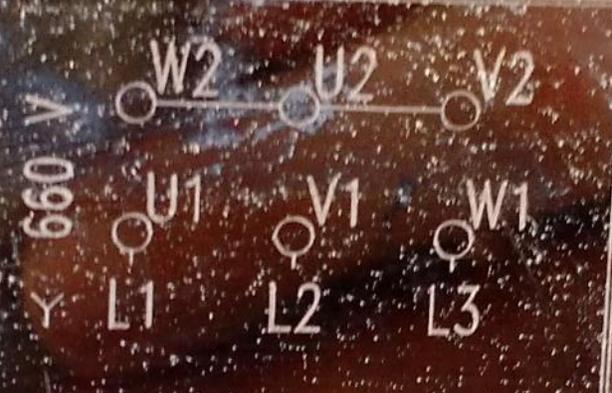
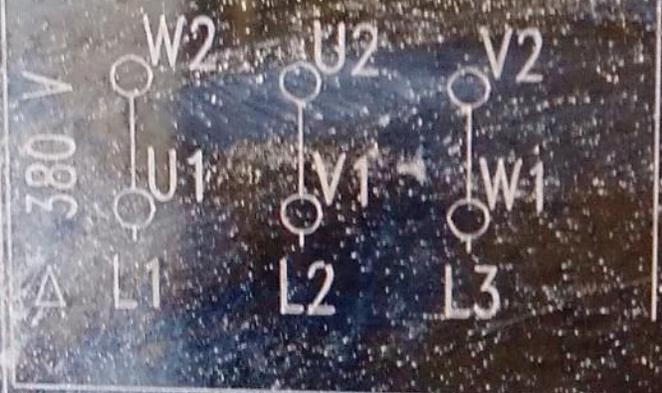
IE1 - 87.5%

11 JUL 11

1012573164



~	3	kW	9.2 (12.5)	FRAME	132M	INS.	CL.	F	ΔT	80 K
V	380 / 660	A	18.5 / 10.7	min ⁻¹	2910					
H7	50	SF	1.15	P.F.	0.86	DUTY	S1			
AMB.	40°C	IPW	55	Alt.	1000	MOD. TE1 BFOXO!				



71 Kg

6308-ZZ

6207-ZZ

MOBIL POLYREX EM

8258938



LR 50962
LR 38324



VDE 0530
IEC 60034

Tabla. Conversiones de unidades de presión de uso común

PRESION	Bar	atm	psi	mca	kg/cm ²	kPa
1 bar	1	1,01	14,50	10,20	1	100
1 atm	0,99	1	14,69	10,33	0,99	
1 psi	0,0689	0,0695	1	0,68	0,068	
1 mca	0,098	0,096	1,42	1	0,098	
1 kg/cm ²	1	1,01	14,5	10,20		
1 KPa	0,01	0,0098	0,14	0,1	0,01	

atm : atmósfera
 mca: metro de columna de agua
 KPa: kilo Pascal



FILTROS

- Obturaciones: Problema mas frecuente en los sistemas de riego tecnificado (goteo y cinta)
- Importante: tipo y tamaño del filtro según la fuente de agua usada
- Agentes que tapan los goteros:

Físicas Sólidos en suspensión	Químicas Precipitados	Biológicas Bacterias y algas
Partículas inorgánicas -Arena -Limo -Arcilla -Plástico Partículas orgánicas -Algas -Bacterias	Carbonato de Calcio Carbonato de Magnesio Sulfato de Calcio Fertilizantes -Fosfatos -Amonio -Hierro, cobre, zinc y manganeso	Filamentosas Lamas Residuos microbianos de: -Hierro -Azufre -Manganeso

Tipos de filtros

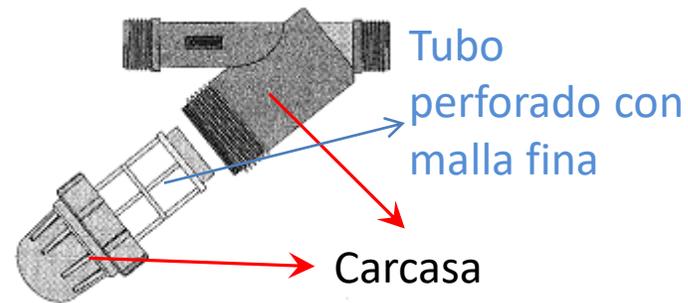
- Se escogen según la instalación y la calidad del agua
- El agua al pasar por los filtros pierde energía o presión
- Pueden ser:

Arena o Gravas



- Filtra: 25 a 100 mesh
- Remueve sólidos inorgánicos y orgánicos
- Adecuado para sist. riego que requieren altos caudales
- Ubicación: después de la bomba
- Debe ir acompañado de F. Malla o Anillas

Malla



- Carcasa: absorbe vibraciones
- Filtra: <75 micrones y 150 mesh
- Recomendable \geq 150 mesh
- Remueve arenas y limos, inadecuado para partículas orgánicas

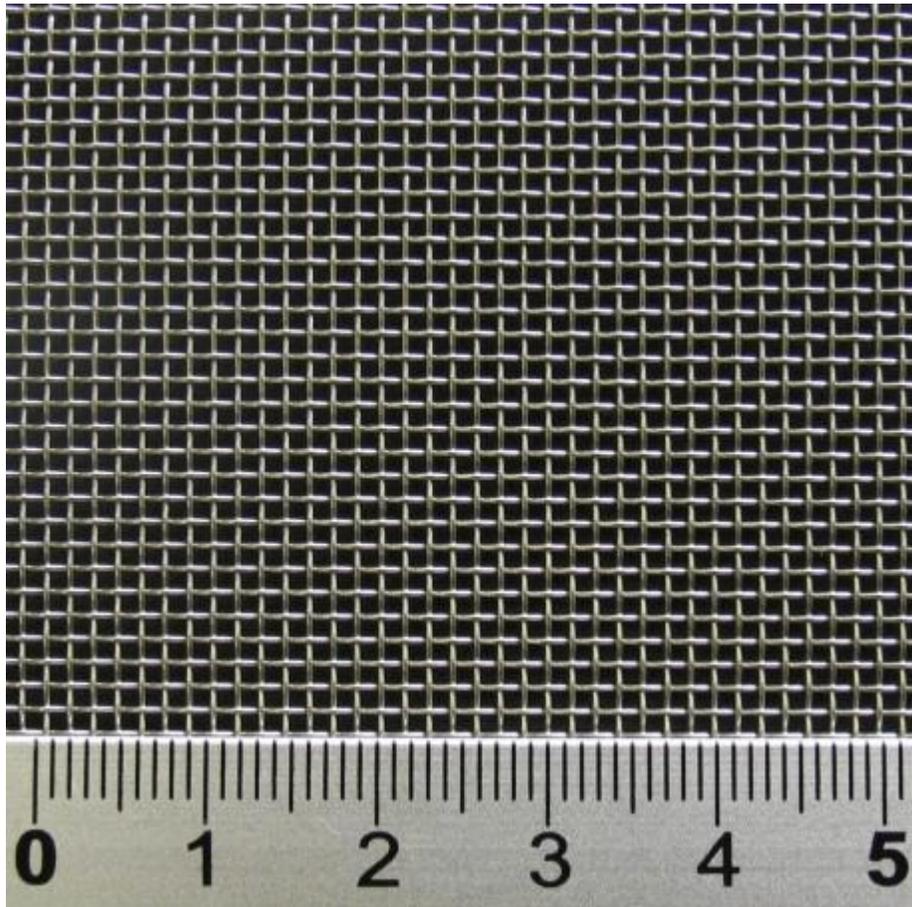
Anillas



- Carcasa: absorbe vibraciones
- Interior con discos o anillas
- Filtra: <75 micrones y 100 mesh
- Con mayor superficie de filtrado y por lo tanto mayor pérdida de presión

Mesh

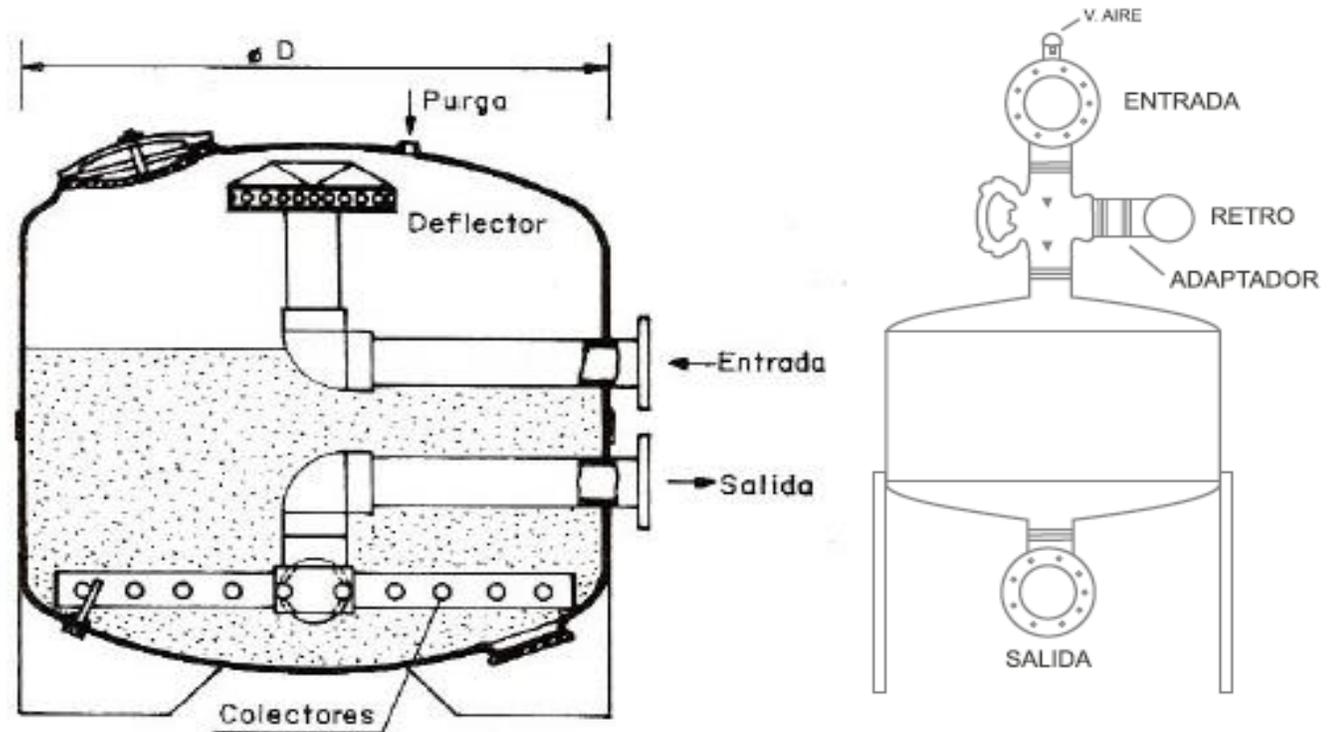
- Mesh: número de orificios por pulgada lineal. A mayor mesh mayor capacidad filtrante



Filtro de arena

- **Funcionamiento**

- Ingreso y salida del agua
- Espesor de la arena 40-60 cm y no debe ser menos de 50 cm

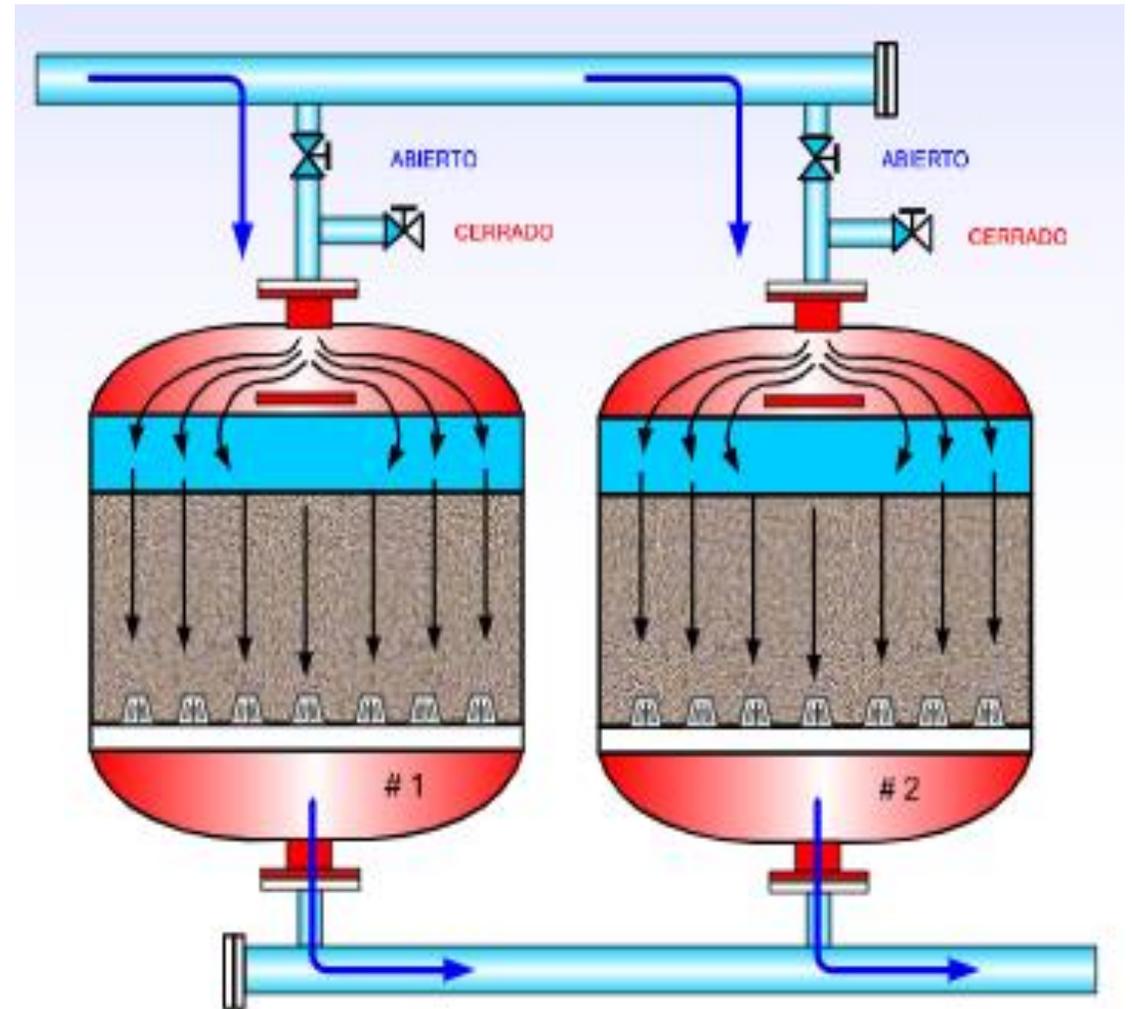


Filtro de arena

El filtrado ocurre por tres mecanismos distintos:

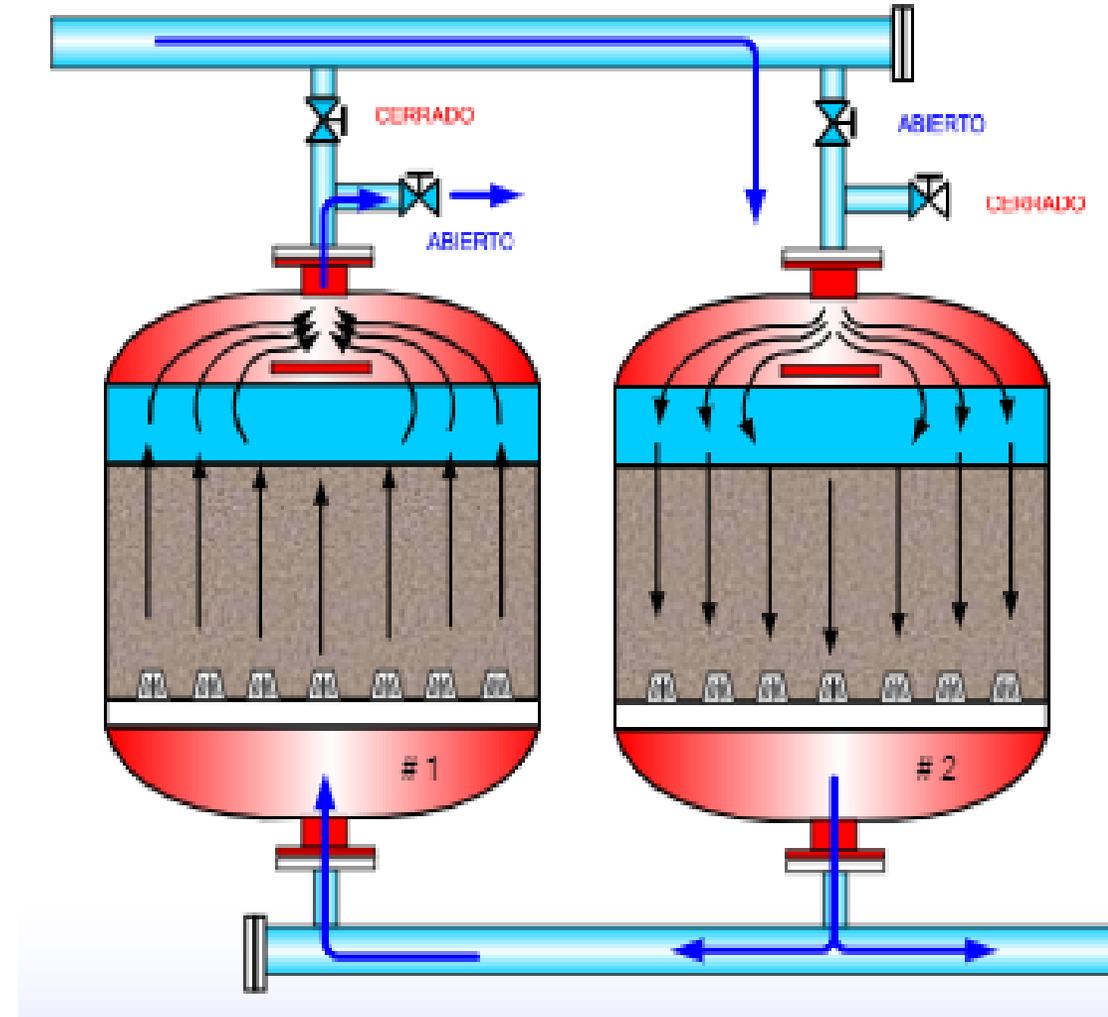
1. Tamizado: Las partículas de mayor tamaño que los poros formados entre las arenas quedan retenidas.
2. Sedimentación: El filtrado ocurre a baja velocidad, va del orden de 2 metros por minuto, lo que favorece la decantación dentro de cada espacio poroso.
3. Adhesión y cohesión: Los depósitos que van quedando al interior del filtro van desarrollando fuerzas de atracción del tipo eléctrico que explican que partículas de menor tamaño, que el poro de arena, se vayan atrayendo entre sí y queden retenidas en el filtro.

El filtrado va ocurriendo en profundidad



Mantenimiento del filtro de arena

- Perdida de carga en filtro limpio: 1-3 mca
- Necesidad de limpieza:
 - A mayor suciedad mayor pérdida de carga
 - 4-6 mca requiere retrolavado
- **RETROLAVADO**
 - Inversión de la circulación más alta presión (Flashing, 30-40 mca)
 - Tiempo: 2 a 5 min según suciedad, hasta que el agua salga transparente
 - Cuidado con perder arena o baja velocidad de retrolavado (cementado)
- Ideal: 2 filtros de arena



Mantenimiento del filtro de arena

- CAMBIO DE ARENA
 - Buena: arena con aristas
 - Necesidad de cambio: si están redondeadas
 - Duración aprox: 4-5 años
 - Tamaño: $\leq 0,8$ mm (800 micras)
- Cuidado con el crecimiento de bacterias
 - Lavado con hipoclorito de sodio
- Permanentemente observar los manómetros
 - La diferencia de presión normal de los de grava es de 1 a 5 mca
 - Cuando la diferencia sobrepasa los 6 metros: retrolavado.
- Paredes del filtro de arena
 - Al terminar la temporada hay que abrir los filtros para observar cómo se encuentran las paredes interiores y detectar qué tan gastadas se encuentran. Además es el momento de aplicar una pintura anti óxido en el exterior.



Filtro de malla

- Funcionamiento
- Se colmata a nivel superficial
- Usado para aguas poco sucias o como filtraje de seguridad
- Malla:
 - Acero inoxidable o plástico
 - Se definen por el número de orificios que tienen por pulgada lineal
 - Las mallas estándar figuran entre 100 y 120 mesh
- Mantenición
 - Presión normal: 1-3 mca
 - Necesidad de limpieza: 4-6 mca
 - Lectura de manómetro de entrada y salida
 - Limpieza
 - Manual: Cepillado, hidrolavado a presión
 - Automática: Inversión del flujo de agua
 - Microorganismos:
 - Presencia de líquido viscoso
 - Hipoclorito de sodio 5% por 1 hora y luego se lava



Filtro de anillas

- Funcionamiento
- Se colmata a nivel superficial
- Usado para aguas poco sucias o como filtraje de seguridad
- Anillas:
 - A mayor cantidad de ranuras mayor filtraje (0,42 – 0,11 mm)
- Mantenición
 - Presión normal: 1-3 mca
 - Necesidad de limpieza: 4-6 mca
 - Lectura de manómetro de entrada y salida
 - Limpieza
 - Manual: Cepillado, hidrolavado a presión
 - Automática: Inversión del flujo de agua
 - Microorganismos:
 - Presencia de líquido viscoso
 - Hipoclorito de sodio 5% por 1 hora y luego se lava



Diferencias de presión aceptables

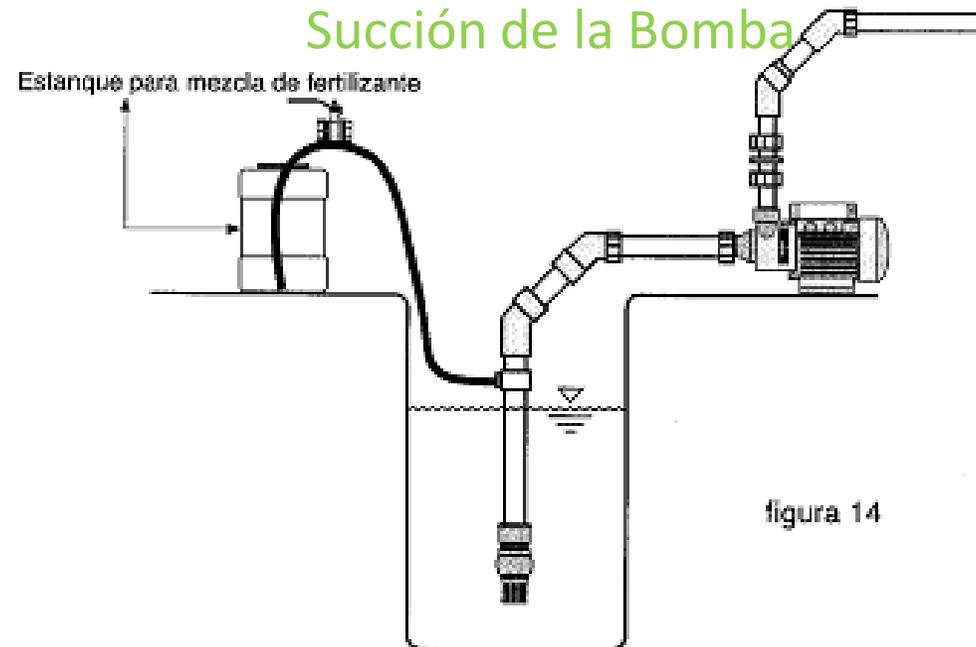
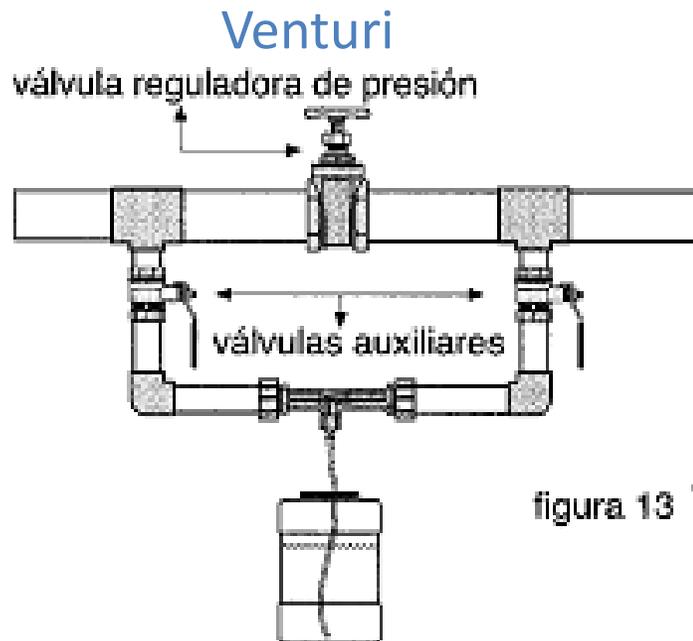
- **NORMA: Medir presión antes y a la salida de los filtros SIEMPRE**
- La presión de la salida debe coincidir con la recomendada por el fabricante
- Diferencias altas de presión indican:
 - Retención de partículas (dificulta paso del agua) a > resistencia al flujo > caída de presión → LIMPIAR
 - Roturas internas de los filtros, pero si el filtro está completamente roto no habrá diferencia de presión → PELIGRO para todo el sistema
 - Presiones sobre el rango aceptable → PARAR el funcionamiento INMEDIATAMENTE y REVISAR el sistema de filtraje y reemplazar en caso si es necesario

Tipo de filtro	Diferencial de presión en bar
Arena	0,10 - 0,20
Malla	0,30 - 0,35
Anilla	0,30 - 0,4

Amperímetro	1er manómetro, filtro de arena - ENTRADA	2do manómetro, filtro de arena - SALIDA	3er manómetro, filtro de malla - SALIDA	Problema
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Falla en la succión
Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Rotura en red de riego
Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Filtro de arena sucio
Bajo	Alto	Alto	Bajo	Filtro de malla sucio

INYECTOR DE FERTILIZANTE

- Sistema por donde se introduce el fertilizante disuelto en agua
- Controlar el llenado del estanque (nunca debe vaciarse)
- Manguera de succión sobre 2 cm del fondo para no tomar impurezas (sobras botar en árbol o cerco vivo)
- Ubicación: SIEMPRE ANTES DEL SISTEMA DE FILTRADO
- Métodos de inyector:



Mantenimiento del inyector

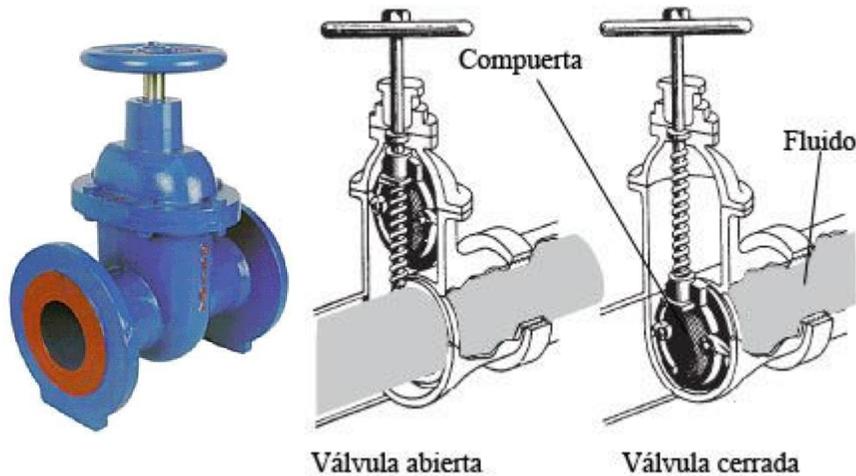
- Lavar bien y verificar el equipo.
- Revisar válvulas (llaves).
- Revisar visualmente conexiones eléctricas.
- Prevenir cualquier corrosión.
- Revisar obstrucciones.
- Revisar funcionamiento general.
- Revisar dosificación.
- Lavar y vaciar el estanque después de cada uso.
- Kit de dosificación y auto gestión (papel pH, manómetro, termómetro, dosificador)



VÁLVULAS

- Encargadas de controlar el paso del agua
- Tipos:

1. Manuales



VALVULA DE COMPUERTA

Función: Regular presión hasta 2 mca (n° vueltas), de apertura fija

Ubicación: Antes del filtro de malla o anilla o venturi, matrices, salida de estanques acumuladores

Cuidado: Vástago delicado, abrir y cerrar de vez en cuando, es común verlas goteando



VALVULA DE BOLA o DE PASO

Función: De apertura frecuente, regula el paso del agua e inyección de fertilizante. No regula presión

Ubicación: En venturi, cañería retrolavado



VALVULA DE MARIPOSA (con compuerta giratoria)

Función: Regular el flujo en tuberías de diámetro > 110mm



2. Eléctricas

VALVULA SOLENOIDE

Función: La apertura y cierre de la válvula con un pulso eléctrico controlado por un programador de riego. Funcionan con 24 volts, si baja 1 volts funciona con un ruido molesto, si baja 5 volts no funciona. Posee opción de manejo manual.

Ubicación: Después de los filtros.

Cuidado: Medir voltaje, si es bajo:

- Diámetro pequeño de los cables (pérdida de energía) → reemplazar
- Conexión eléctrica defectuosa
- Revisar membrana interna (que no esté rota)



3. Otras válvulas

VALVULA DE AIRE

Función: Permitir la salida del aire, evitar alzas de presiones y roturas de cañerías

Ubicación: En todo el sistema.

- En el cabezal: entre la bomba y la válvula de retención
- Antes, al medio y después del grupo de filtros
- Red de distribución



Emisores

- Para evitar la obstrucción de los emisores se requiere hacer un tratamiento a las aguas, ya que depende de la calidad del agua.
- El taponamiento puede ser ocasionado por microorganismos o por precipitados químicos.

Valores potenciales de obstrucción de emisores según la calidad del agua y valores que favorecen el desarrollo de microorganismos en el interior del sistema de riego tecnificado

Elemento	Bajo	Moderado	Severo	Umbral de desarrollo
pH	<7,0	7,0 – 8,0	>8,0	3,5 – 8,5
Hierro (Fe) (ppm)	<0,2	0,2 – 1,5	>1,5	0,1 - 0,2
Manganeso (ppm)	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5	0,1 - 0,15
Sulfurosos totales (ppm)	<0,2	0,2 – 2,0	>2,0	0,1
Oxígeno (ppm)	-	-	-	0,1
Temperatura	-	-	-	20 – 30 °C

Emisores

- Precipitaciones químicas



Óxidos de manganeso



Carbonatos de calcio



Óxidos de hierro

Photo: Mark Battany
Copyright © 2015 Regents of the University of California

Photo: Mark Battany
Copyright © 2015 Regents of the University of California

Tratamiento del agua

- **AGENTES BIOLÓGICOS**

- ✓ Algas y bacterias

- ✓ Control: Hipoclorito Sódico (ClONa)

- 1-2 veces/temporada, si es baja la presión
- Cada 3 semanas si hay mucha alga en el estanque

- ✓ Procedimiento preventivo

- Inyectar antes de los filtros
- Inyectar 10 a 15 minutos antes de terminar el riego. Dejar actuando 8 horas y luego lavar las tuberías (con previo lavado de matrices)
- Baja cantidad de algas: Cloro libre 1 ppm, Hipoclorito de Ca 2 ppm, Hipoclorito de Na 3-10 ppm
- Si pH agua > 7,5 se necesitará mas cloro, a la salida de los emisores deben haber 2 a 3 ppm
- Mayores concentraciones de cloro no son mas efectivos y pueden dañar al cultivo (frutilla, frambuesa)

Tratamiento del agua

- ✓ Procedimiento control con ClONa (recuperación de emisores obstruidos)
 - Se podría aplicar entre 100 y 1000 ppm para destruir la materia orgánica, pero pueden dañar a los cultivos.
 - Se sugiere aplicaciones de 12 horas con dosis de 250 a 500 ppm, seguidas de un riego.

- **AGENTES FISICOS**

- ✓ Arenas, limos y arcillas
- ✓ Verificar con vaso a la salida de la lateral (descole)
- ✓ Limpiar filtros

- **AGENTES QUÍMICOS**

- ✓ Carbonatos de Ca, precipitados de Fe, Mn y S
- ✓ Costras blancas que reaccionan al ácido clorhídrico
- ✓ La cantidad de calcio y magnesio determina la dureza del agua (pH > 7,5 + 61 ppm CaCO₃ requiere tratamiento)



Concentración	Suave	Moderada	Dura	Muy Dura
Carbonatos Ca y Mg (ppm)	0-60	61-120	121-180	> 180

Calidad de agua subterránea

- Estudio realizado por Golder Associates (2006) valores altos:
 - SO_4 y B en todo el valle
 - Cl en algunos puntos desde Tierra Amarilla a Copiapó
 - Fe en algunos puntos entre Embalse Lautaro y San Pedro
 - Mg en La Puerta y alrededores
 - Mn y Na en sectores localizados

• AGENTES QUÍMICOS

✓ Tratamiento preventivo:

Titulación hasta lograr que el pH del agua baje a 7,5 medido con papel pH

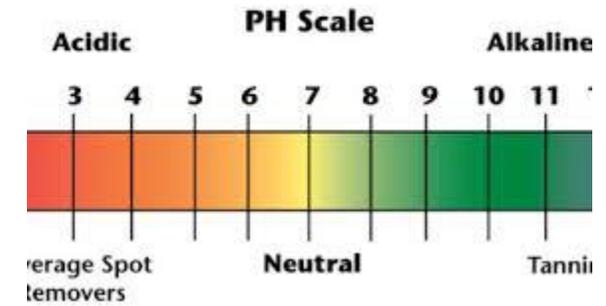
✓ Control carbonatos: Cada 3-8 semanas

SIEMPRE EL ACIDO SOBRE EL AGUA

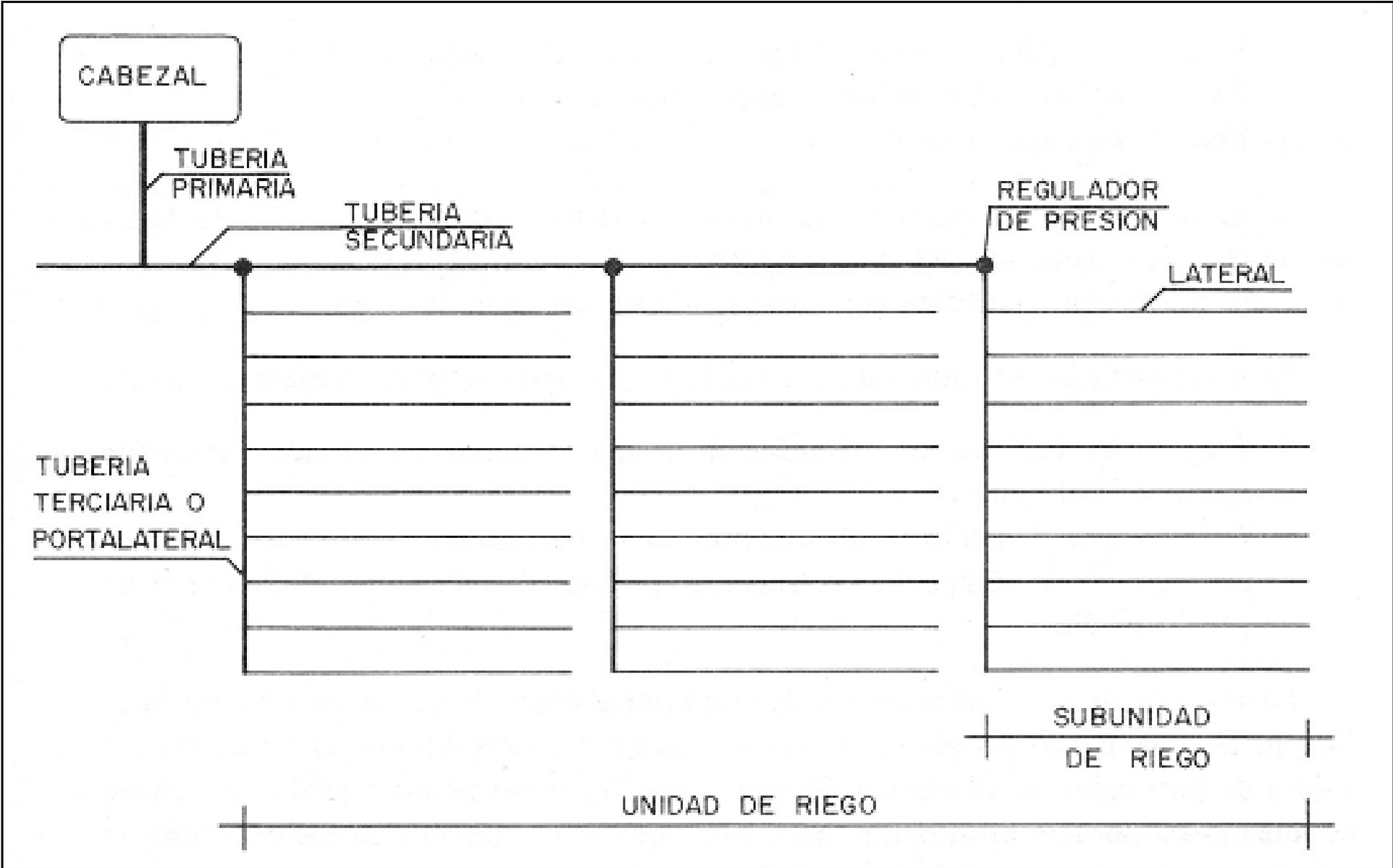
Inyectar después de los filtros de arena

Titulación hasta pH 2 y 3. Luego cerrar el sistema por 12 horas.

Aplicar sólo agua a alta presión eliminando el agua primero en la matriz 1ra, 2ra y 3ra.



Dosis	Ac. Fosfórico (85%)	Ac. Sulfúrico (98%)
Dosis mantención (fertirrigación)	1 a 5 L/ha	1,5 L/ha
Dosis correctiva	10 a 200 cc por HL	4 a 6 L/ha
Observaciones	1er pdto en una mezcla Guardar en estanques de PE Agitación constante y lento Usar equipo de seguridad	MUY CORROSIVO Guardar en estanques de PE Nunca mezclar con cloro (evitar formación de gases tóxicos) Guardar en distinto lugar que el cloro



Ejercicio de titulación

- Incluir ejercicio de titulación
- Volumen del recipiente: 20 litros

Volumen Ac. Fosfórico (ml)	pH
10	8,0
10	7,9
10	7,5
10	7,0
10	6,0
10	5,0
10	4,0
10	3,0



Total Ac. F. = 80 ml



RED DE DISTRIBUCIÓN

- Conduce el agua desde el cabezal al cultivo
- Tuberías: Primarias (PVC), Secundarias (PVC), Terciarias (PE) y goteros o emisores
- PVC bajo tierra o pintar con látex blanco si esta expuesta al sol



EVALUACIONES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

- Fisuras → revisar zonas húmedas, reparar inmediatamente
- Presión de operación → con manómetro fijo y portátil en sectores de riego
- Lateral → manómetro, descole al menos 1 bar, contar con repuestos

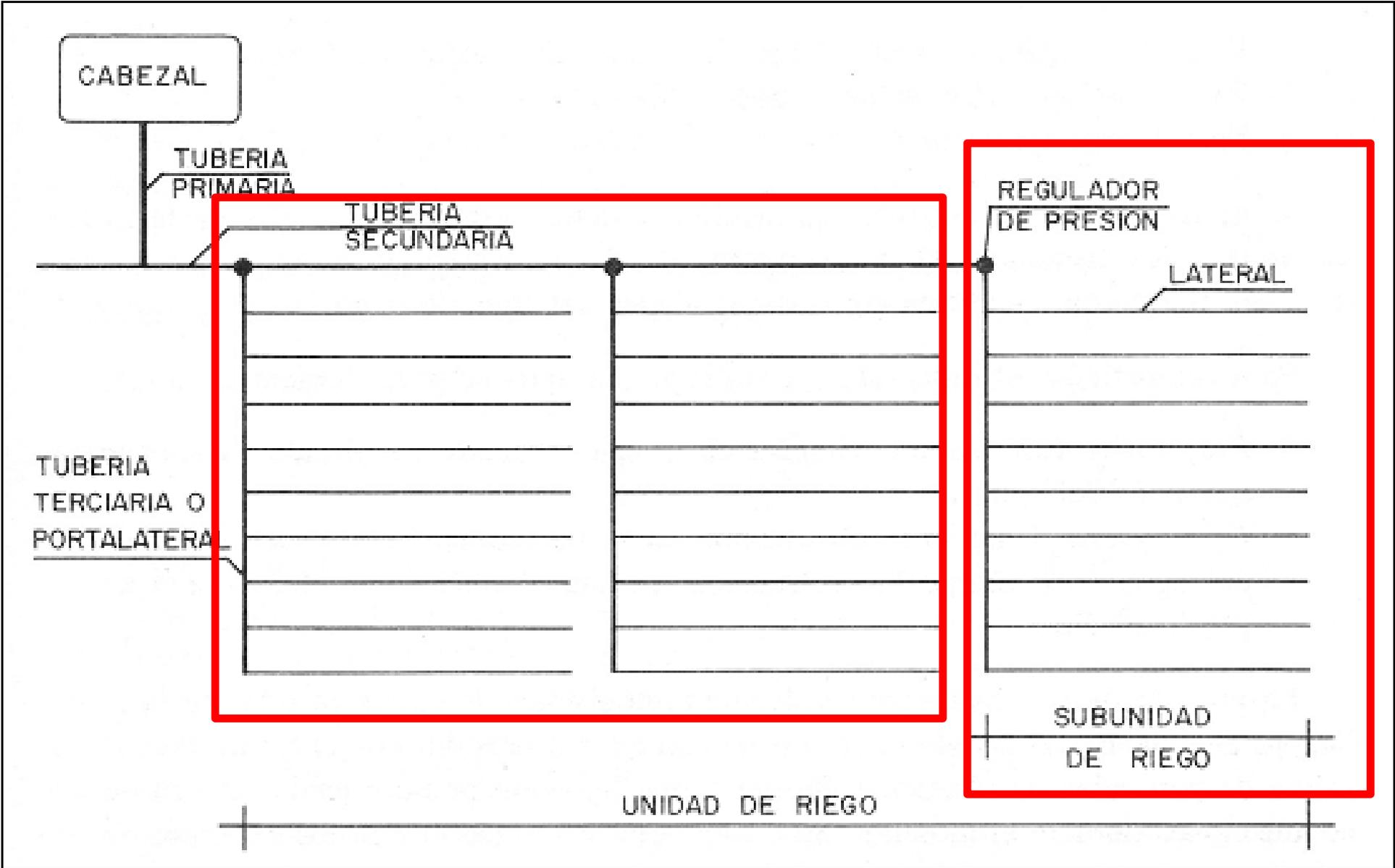
Es importante contar con manómetros ya que pierden su vida útil rápidamente cuando están expuestos al ambiente. Son mejores los que están sellados con glicerina

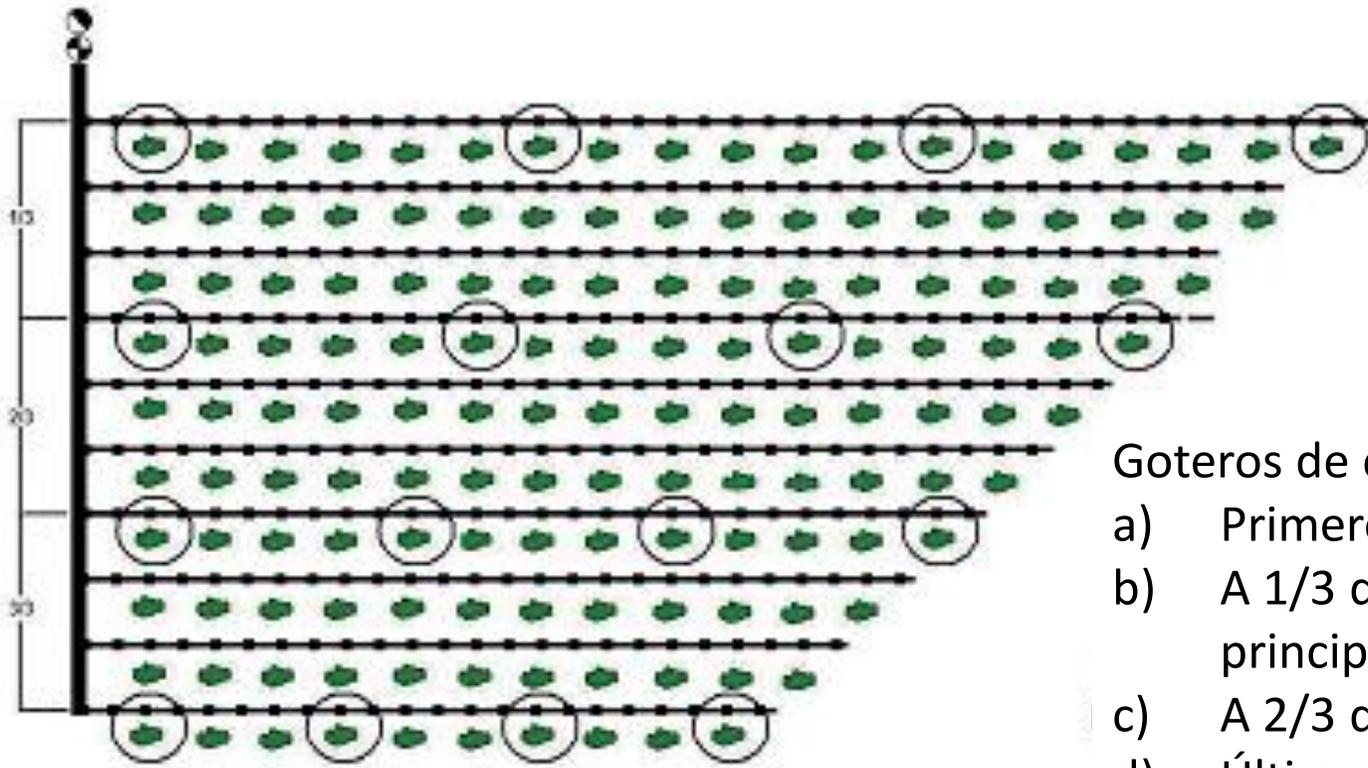


EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DEL RIEGO

- OBJETIVO: Evaluar cuánto varían los emisores en la entrega de agua en el sector de riego
- IMPORTANCIA: Uniformidad en que las plantas reciben agua y fertilizantes
- Escoger el sector de riego representativo del huerto

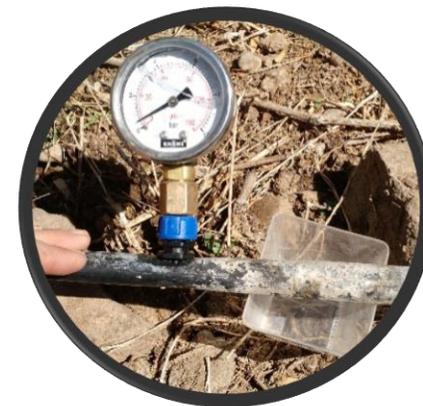






Gotos de cada lateral:

- a) Primero
- b) A 1/3 de distancia del principio
- c) A 2/3 de distancia del inicio
- d) Último gotero

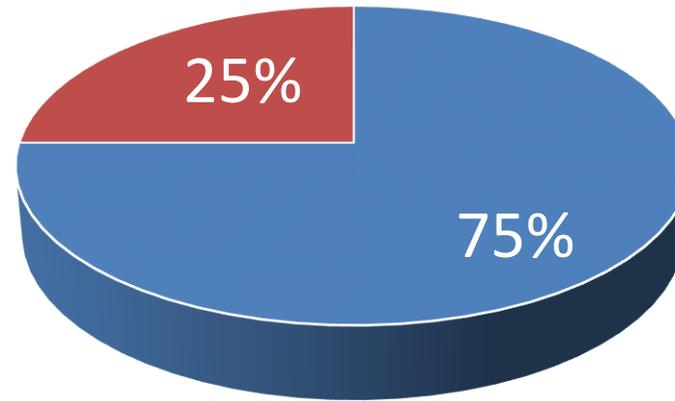


• Identificar Lateral:

- a) Primera lateral
- b) Lateral a 1/3 de distancia del principio
- c) Lateral a 2/3 de distancia del inicio
- d) Última lateral

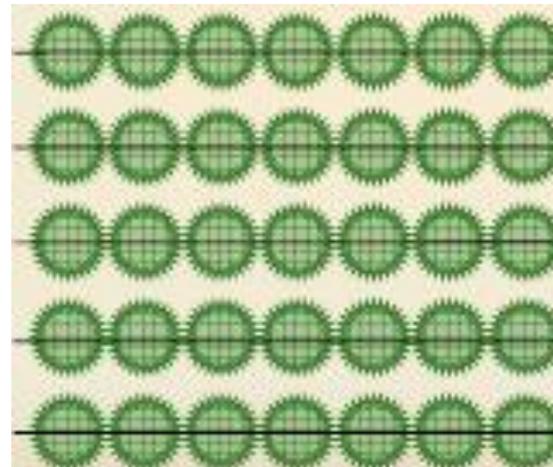
INDICADORES DE EFICIENCIA DE RIEGO

- Coeficiente de Uniformidad
 - CU de Caudales (CUC)
 - CU de Presiones (CUP)



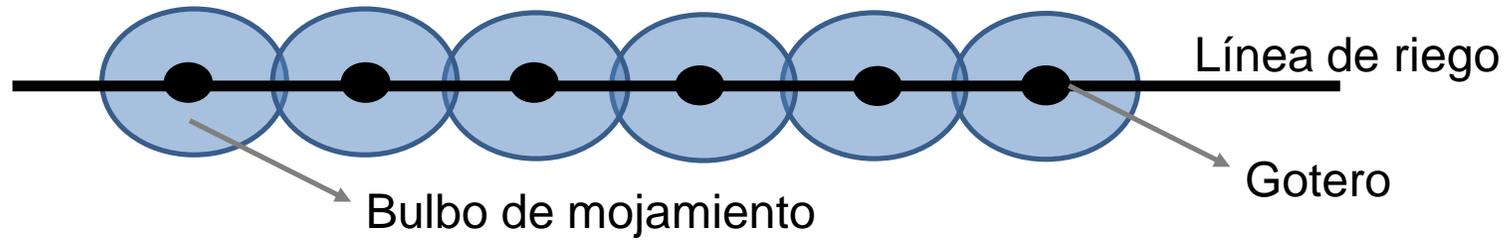
CU (%)	Uniformidad
90 - 100	Excelente
80 - 90	Buena
70 - 80	Aceptable
< 70	Inaceptable

- Coeficiente de Variabilidad
 - CV total de caudales (CVt)
 - CV de emisores (CVe)

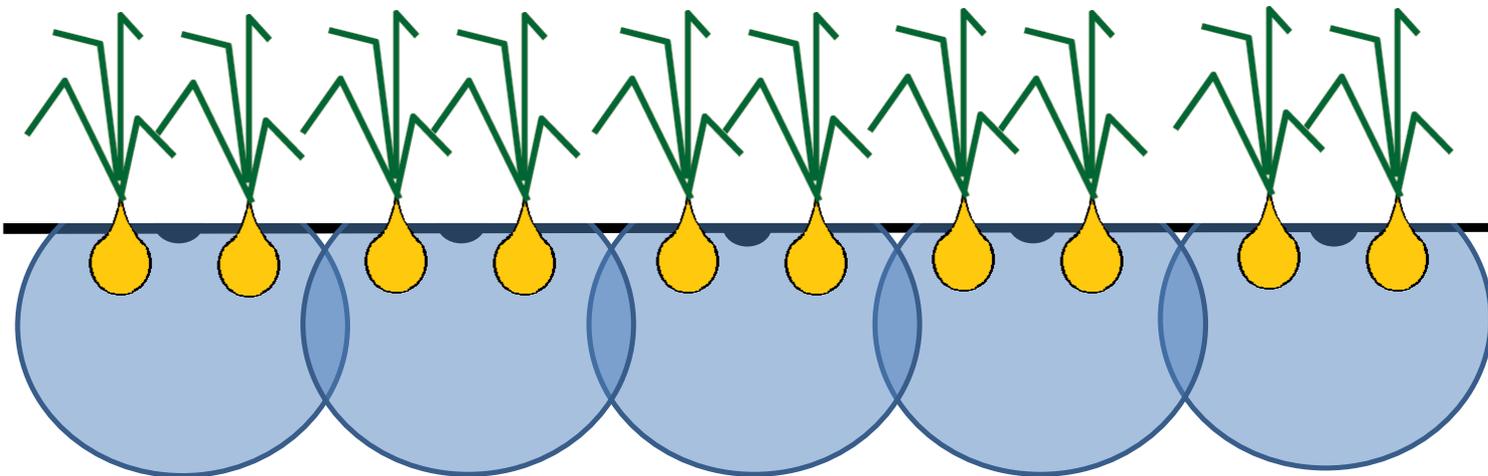


CV	Uniformidad
<0,1	Excelente
0,1 – 0,2	Muy Buena
0,2 – 0,3	Aceptable
0,3 – 0,4	Baja
> 0,4	Inaceptable

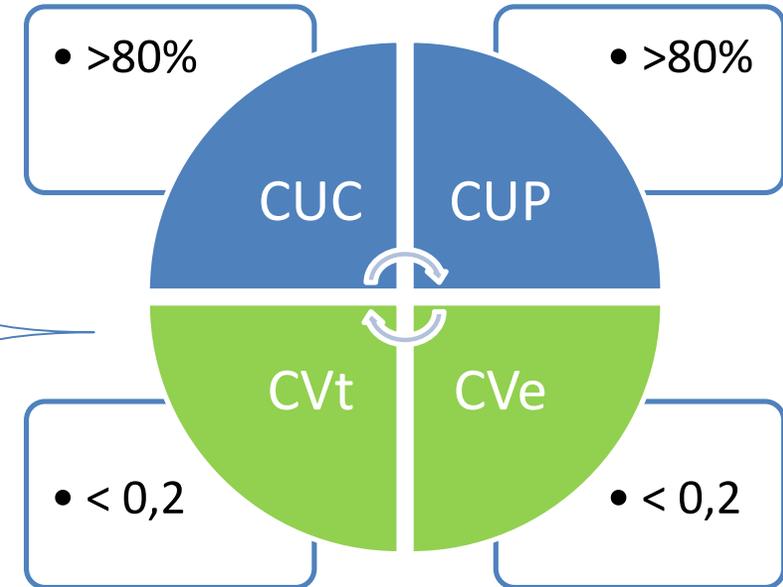
Vista superior



Vista en profundidad



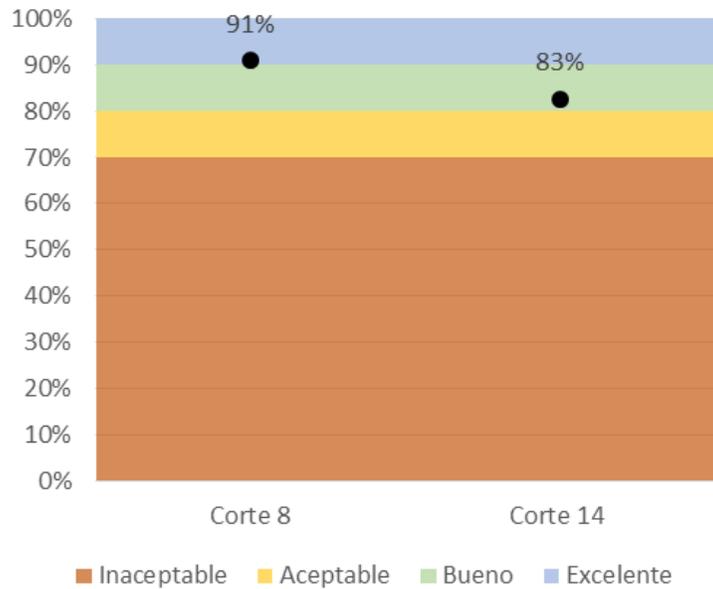
BUENA UNIFORMIDAD



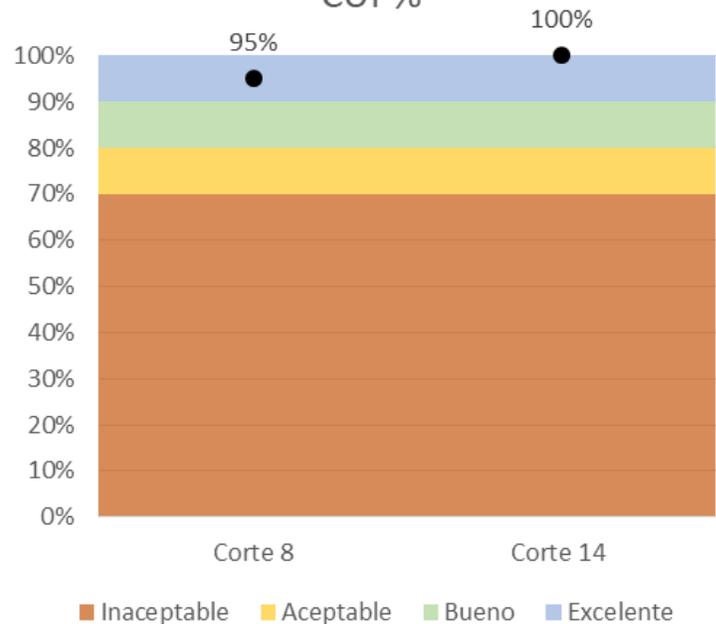
Caudal nominal emisor 😊

Presión de operación 😊

CUC%



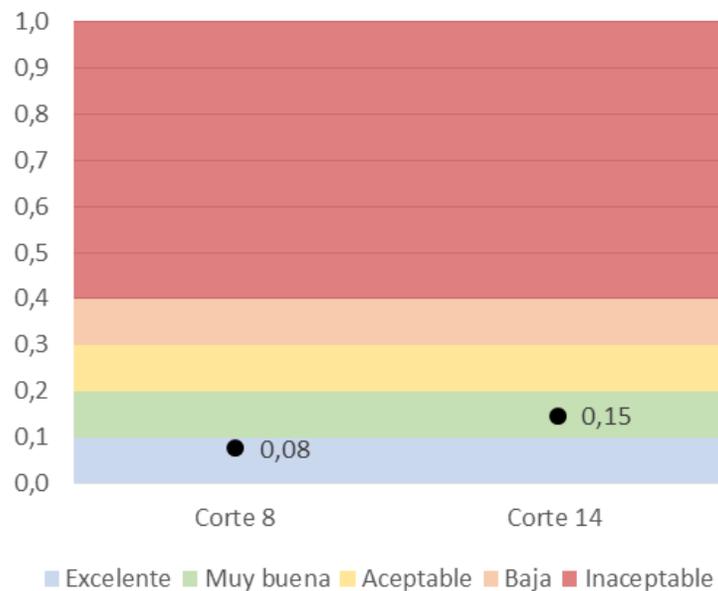
CUP%



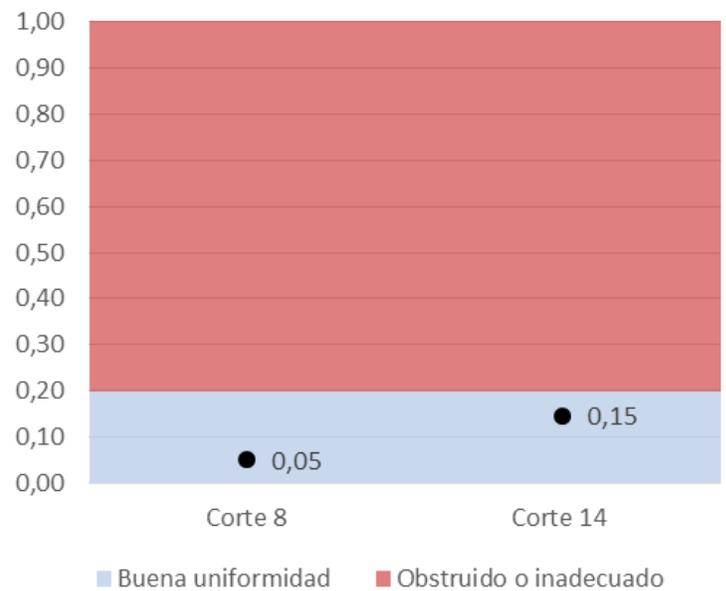
Caudal nominal = desconocido
 Probablemente de 1 L/hr
 DEG = 0,2 metros

Cuartel	Caudal prom. (L/Hr)	Presión prom. (bar)
Corte 8	1,20	0,78
Corte 14	1,09	0,20

CVt

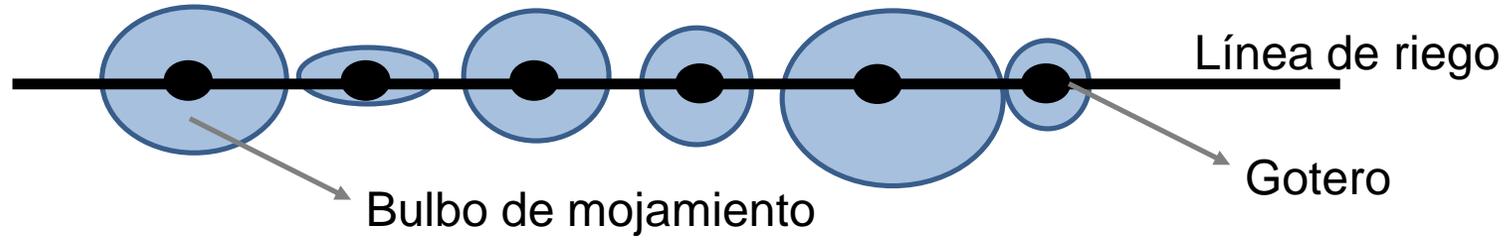


CVe

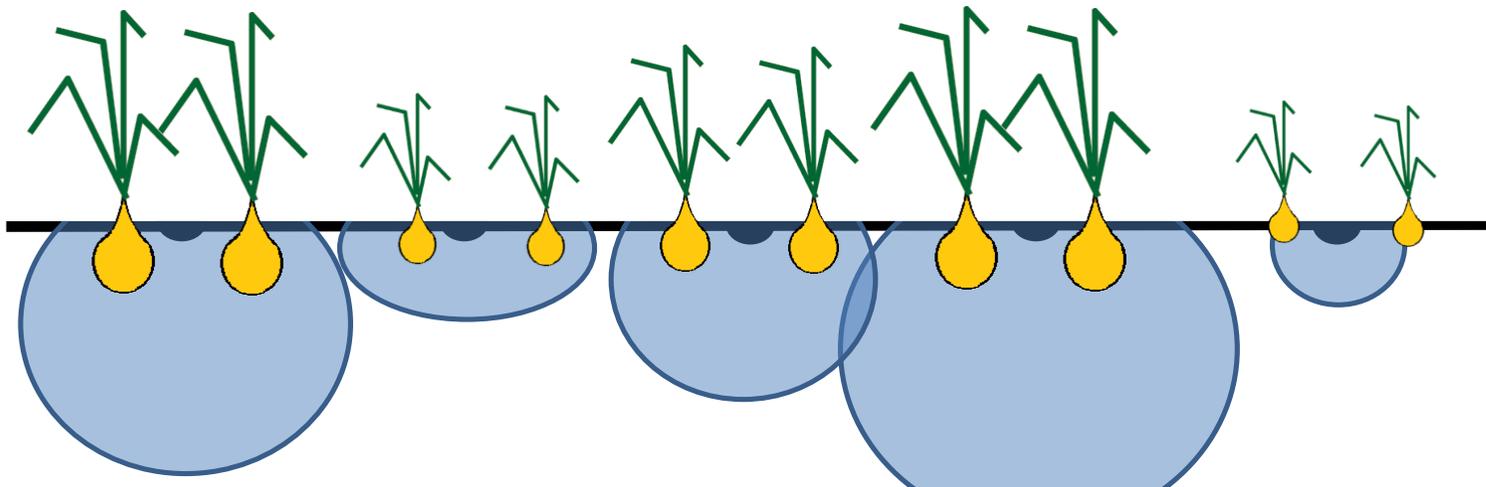


$$Nt = \frac{6 \text{ mm/dia}}{0,83} = 7,22 \text{ mm/dia}$$

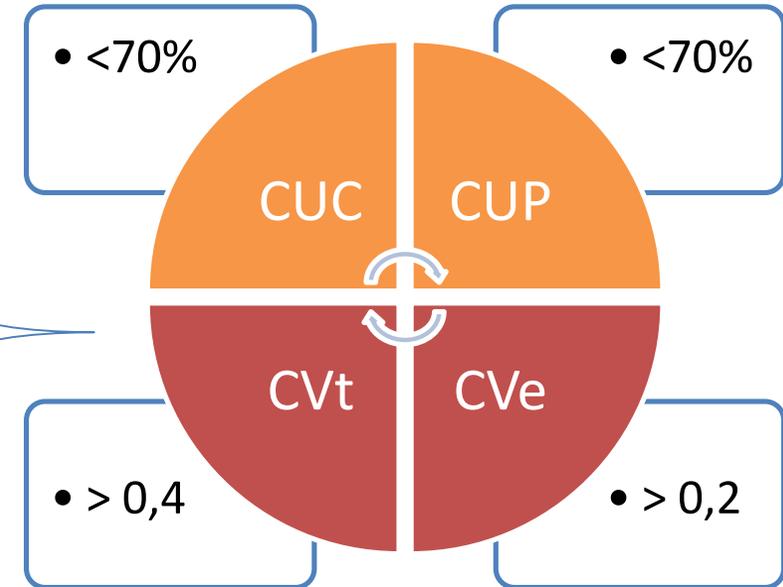
Vista superior



Vista en profundidad



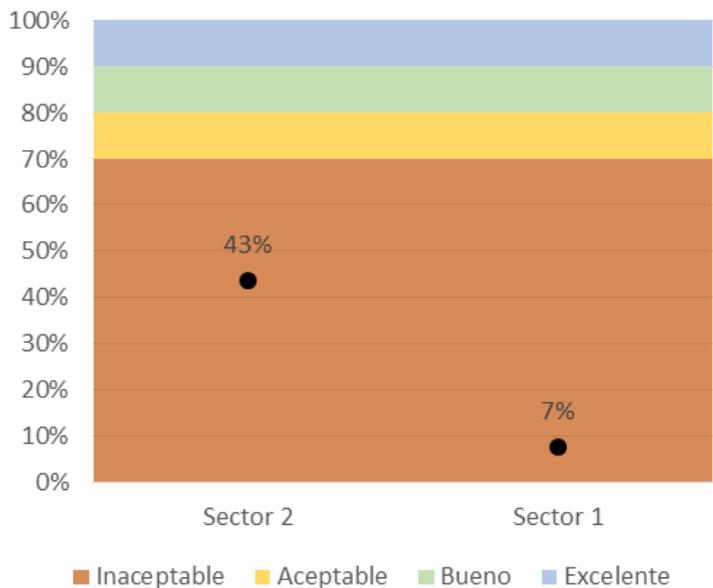
MALA UNIFORMIDAD



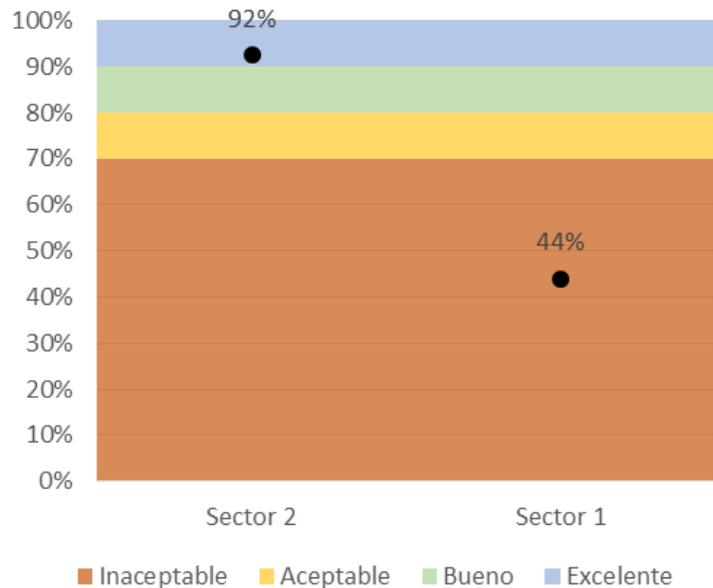
Caudal nominal emisor 😊

Presión de operación 😊

CUC%



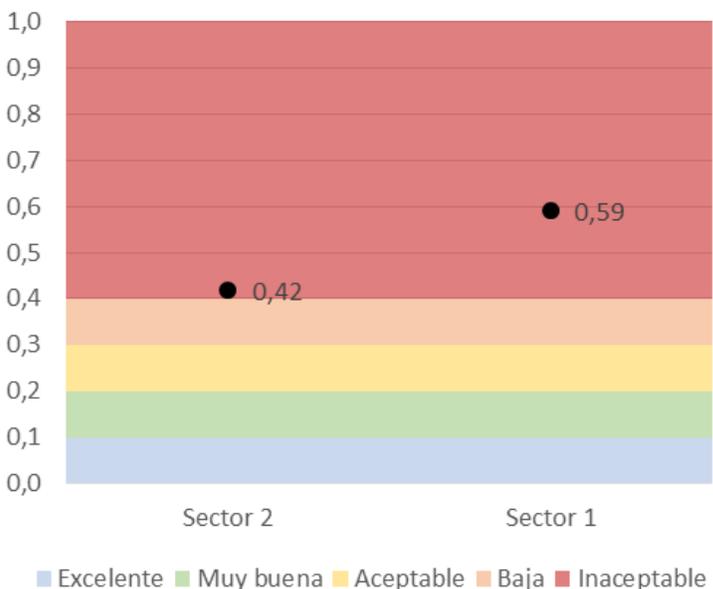
CUP%



Caudal nominal = desconocido
Probablemente de 2 L/hr

Cuartel	Caudal prom. (L/Hr)	Presión prom. (bar)
Sector 1	1,35	0,26
Sector 2	1,90	1,41

CVt



CVe



$$Nt = \frac{6 \text{ mm/dia}}{0,43} = 13,95 \text{ mm/dia}$$

$$Nt = \frac{6 \text{ mm/dia}}{0,07} = 85,71 \text{ mm/dia}$$



Causas de los problemas:

1. Causas hidráulicas:



Causas de los problemas:

2. Ineficiencia en la mantención del equipo del sistema de riego





GRACIAS



SUSTREND



Programa de Difusión Tecnológica

www.sustrend.com