

FERTIRRIGACIÓN

Concepto

Aporte de agua y nutrientes simultáneamente mediante un sistema de riego.

Mejora de la calidad del agua de riego mediante el control de parámetros químicos como la acidez (pH) o la sodicidad (RAS).

Ventajas de la fertirrigación

- ✓ Mayor estabilidad en la disponibilidad de nutrientes a lo largo del tiempo, sin picos, excesos ni momentos de baja fertilidad del suelo.
- ✓ Mayor disponibilidad de los nutrientes aportados, pudiendo establecer niveles de pH optimizados para la absorción de los mismos.
- ✓ Respuesta inmediata a la fertilización, por aplicación al suelo de los nutrientes ya disueltos.
- ✓ Minimización de pérdidas de fertilizante por lavado (drenaje) como por escorrentía superficial. Menor impacto ambiental por contaminación de aguas superficiales (lagos, arroyos...) y de acuíferos subterráneos.
- ✓ Minimización de pérdidas de fertilizante por inmovilización. Por ejemplo, la aplicación de Fósforo como cobertera a los niveles que la planta necesita evita la inmovilización que en altas proporciones afecta a suelos de pH neutro o básico.
- ✓ Establecimiento de programas de fertilización mucho más frecuentes sin que ello afecte al coste en el sistema o la tarea de distribución.
- ✓ Establecimiento rápido y eficaz de diferentes formulados en función de la época, desarrollo y incidencias de la temporada. Es posible, por ejemplo, después de una lluvia, aportar en un mayor grado aquellos nutrientes más solubles, o corregir pautas de crecimiento mediante la reducción de un solo nutriente (por ejemplo, N)
- ✓ Uso racional de aguas de inferior calidad o recicladas (como, por ejemplo, mediante la adición de Calcio y Magnesio en aguas de elevada sodicidad)
- ✓ Ahorro económico en uso de fertilizantes (no son necesarios fertilizantes de liberación lenta, pudiéndose utilizar abonos líquidos o solubles convencionales).
- ✓ Menos compactación del suelo por tránsito de vehículos o personal
- ✓ Reducción de costes en la distribución de abonos y productos fitosanitarios.

Desventajas de la fertirrigación

- ✓ Necesidad de disponer de personal cualificado para el control de la fertirrigación.
- ✓ Necesidad de disponer de equipos de inyección y control de la fertirrigación, así como de almacenamiento de soluciones fertilizantes.
- ✓ Aumento de tiempos de riego: la aplicación de fertilizantes, por ejemplo en temporadas lluviosas prolongadas en las que no es necesario el aporte de agua al cultivo, comportará un aumento de las horas de riego, simplemente para actuar como vehículo de los productos aportados. Esto no es habitual en el área mediterránea, donde mayoritariamente coincide el momento de abonado y el de riego. Este aspecto se acentúa con el uso de dosificadoras infradimensionadas, por lo que se recomienda un estudio adecuado del dimensionado de la instalación.

Periodicidad de los ciclos de fertirrigación

En los primeros tiempos en que se llevó a cabo esta práctica se acostumbraba a aplicar el fertilizante en operaciones singulares, quincenal o mensualmente. Esta práctica, que se derivaba de la adaptación a un nuevo sistema de las pautas habituales en la aplicación de productos granulares, conlleva un crecimiento excesivo consecuente a la operación, tal como ocurre con la aplicación de fertilizantes por los medios tradicionales.

La estrategia de fertilización con sólidos está relacionada con el coste asociado de su distribución en el campo y la dificultad de manejo de pequeñas cantidades repartidas en amplias extensiones. En la fertirrigación, no puede hablarse de un coste por operación, ya que éste se efectúa sin empleo de mano de obra, el coste de la maquinaria será fijo para la temporada y el consumo energético es insignificante en relación con el consumo precisado para la impulsión de los sistemas de riego. Además, la distribución de pequeñas cantidades no sólo no supone ningún problema, sino que nos permite utilizar equipos de inferior dimensionado.

La distribución del fertilizante en todos los ciclos de riego permite obtener un grado de nutrición uniforme en la temporada y evita picos de crecimiento, reduciendo las pérdidas por lavado y consumo y evitando un crecimiento suculento que supone mayor riesgo fitosanitario. Además, el reparto del fertilizante en un mayor volumen de agua permite el uso de inyectoras de caudal inferior.

Dosificación de fertilizantes

La gestión de la fertirrigación implica el conocimiento de las necesidades del cultivo en cada temporada, tanto de cada nutriente, como de agua. Una vez se ha decidido qué productos van a ser usados, podemos ya establecer el grado de dilución de cada fertilizante, en función de su riqueza y el volumen de agua en el que va a ser disuelto.

Cuando el agua de riego es utilizada como vehículo para proporcionar abonos disueltos en ella, se debe asegurar que estos abonos llegan a la planta sin haber precipitado o inmobilizado. Para ello es indispensable conocer el pH de la solución de riego y corregirlo en caso de ser inadecuado. La totalidad de los elementos nutritivos son estables y disponibles a pH 6,5-7,0, y es un nivel aceptable para la mayoría de las especies cultivadas.

La dosificación de diferentes productos puede ajustarse en el tiempo para adaptarse a las diferentes necesidades nutricionales que el cultivo puede tener durante la temporada. También deberá ajustarse en función del volumen aportado de agua en que lo distribuimos. En efecto, para dos períodos con el mismo requerimiento nutricional, el producto se aplicará más concentrado en aquél con inferior dotación de riego.

La dosificación de productos para la mejora de la calidad del agua, como las sales magnésicas y cálcicas para el control de la sodicidad, debe realizarse de acuerdo con los análisis de las aguas de riego, lo que indicará una determinada proporción fija entre caudal de riego y caudal de inyección, no debiendo en este caso depender del volumen aportado en el período.

Para la obtención de una uniformidad de crecimiento, evitando puntas y ralentización o desequilibrios nutricionales, lo más adecuado será fertirrigar diariamente, o, en cada ciclo de riego. Esto redundará en economía en fertilizante, en la calidad del producto cosechado y en la prevención de desórdenes fitosanitarios, y permite el uso de sistemas de dosificación de inferior caudal.

La concentración máxima de los elementos fertilizantes en los depósitos puede verse limitada por la reacción y precipitación de aquellos productos inmiscibles en elevada concentración. En la práctica, deberá preverse la instalación de depósitos de abono para los macroelementos Nitrógeno, Fósforo y Potasio, para la solución de microelementos y para el ácido que usaremos en el control de pH. Eventualmente se puede disponer de otros pequeños depósitos para productos fitosanitarios, calcio, etc. Todo ello dependerá de la estrategia cultural prevista.

En las zonas agrícolas con mayor tradición en la fertirrigación podemos contar con proveedores de abonos complejos que incluyen N, P y K en su fórmula. Esta estrategia facilita la gestión de la Comunidad, reduciendo el número de depósitos y dosificadores, aunque éstos deberán ser de mayor volumen y caudal.

El caudal a inyectar de cada producto dependerá del cálculo realizado de necesidad de cada fertilizante dividido por el volumen de riego previsto. Puede ofrecerse un control independiente de cada fertilizante si es inyectado mediante bombas independientes o mediante diferentes cabezales de una misma bomba si podemos controlar independientemente su rendimiento. La presión de trabajo de las bombas dosificadoras deberá ser siempre superior a la presión en la red en la que se desea inyectar.

Uso de aguas recicladas

La consideración del agua como un bien escaso y la carestía asociada a su obtención han sido determinantes para que campos situados en muchas localidades deban usar aguas procedentes de depuración. La situación de las depuradoras de aguas residuales, próximas a grandes concentraciones urbanas, ha facilitado su conducción hasta aquellos campos cercanos a poblaciones o en zonas turísticas, que son los más afectados por esta circunstancia. Su uso ayuda a la formación de una imagen de actividad respetuosa con el medio ambiente, pero es percibido por el regante como una complicación para el cultivo.

El agua reciclada lleva en disolución algunas materias beneficiosas, especialmente Nitrógeno y Fósforo, lo cual deberá tenerse en cuenta a fin de no aportar en exceso estos nutrientes. También es conveniente conocer la presencia de iones tóxicos como Cloro o Sodio, e incluso qué antagonismos o interacciones podemos encontrar entre los iones presentes y los que quieren añadirse mediante el proceso de fertirrigación o los propios que va a encontrar en el suelo. La acción desestructuradora del sodio deberá ser combatida mediante la administración de sales de Calcio y Magnesio.

Es conveniente analizar periódicamente agua, planta y suelo para detectar posibles acumulaciones o deficiencias y corregir convenientemente los aportes fertilizantes.

El exceso de nitrógeno puede ser reducido mediante almacenamiento. En efecto, en condiciones de pH básico, el ión amonio NH_4^+ se transforma en amoníaco, y éste se evapora. También afecta ésta pérdida a la urea que espontáneamente transformada en amonio.

Salinidad: Al igual que la salinidad inducida por aguas de riego no procedentes de reciclaje, obliga a un riego en exceso. Sin embargo, en el caso de disponer también de aguas de mejor calidad, pueden ser mezcladas en proporciones en que sean toleradas sin necesitar altos niveles de lavado.

Sodicidad

Indica la acción desfavorable del Sodio sobre la estructura del suelo. El proceso conlleva la sustitución de los cationes bivalentes (Calcio, Magnesio) en las estructuras que cohesionan el suelo por el catión monovalente Sodio, sin poder de cohesión. Esto provoca la disgregación de los agregados en el suelo, lo que conlleva una paralela disminución de la tasa de infiltración del agua y facilita los fenómenos de asfíxia radicular.

La presencia de Calcio y Magnesio disminuye este efecto perjudicial, por lo que esta característica en una solución se valora en función de la cantidad relativa de Sodio respecto de la suma de los bivalentes Calcio y Magnesio. Podemos definir la Relación de Absorción de Sodio, según la siguiente fórmula:

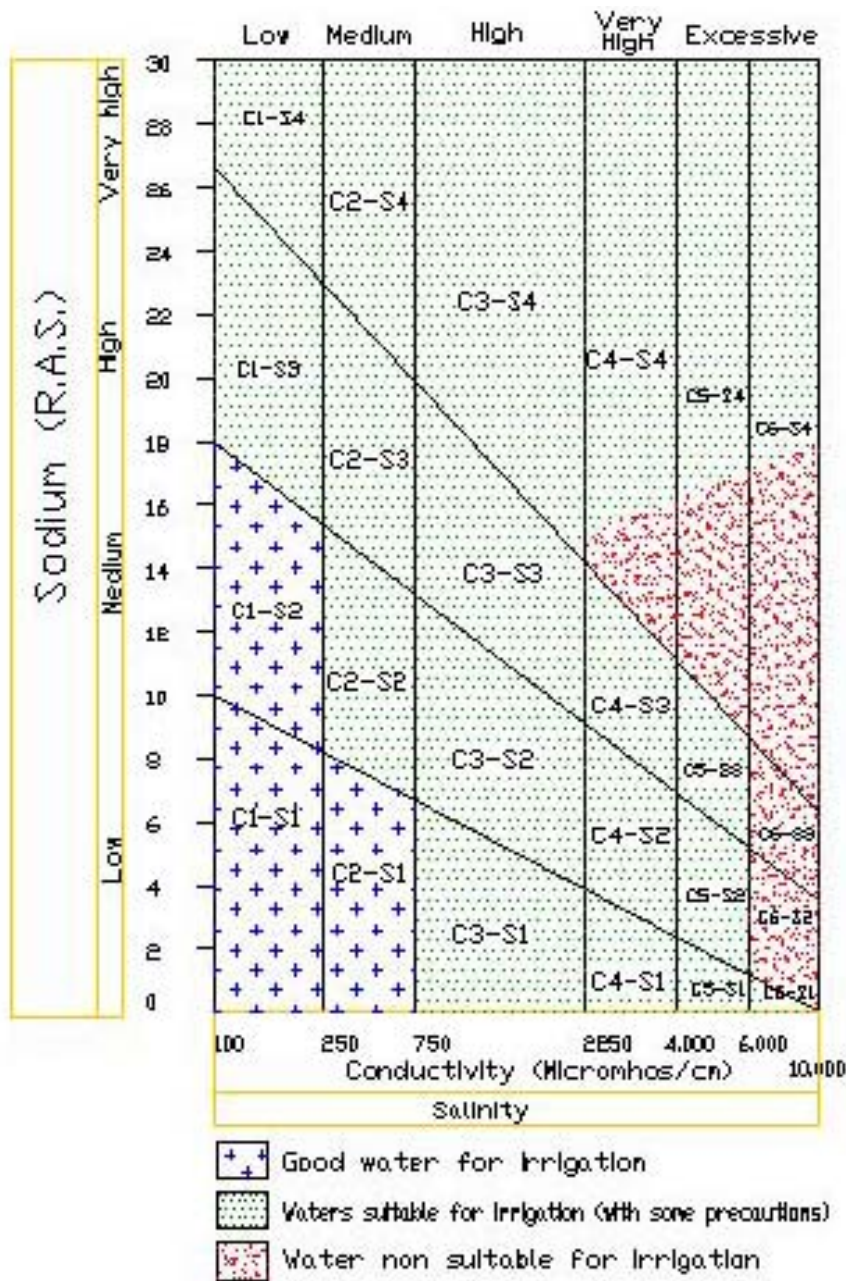
$$\text{R.A.S.} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

En donde los iones se expresan en miliequivalentes/litro.

Según este parámetro, mientras no sean salinas, se clasifican las aguas como apropiadas en las siguientes agrupaciones:

- S1: (hasta RAS=10) Contenido bajo en sodio. Apropriadas para la mayor parte de suelos
- S2: (10 < RAS < 18) Contenido medio. Apropriados para suelos orgánicos o de textura gruesa muy permeables
- S3: (18 < RAS < 26) Contenido alto. Peligro de acumulación en suelo. Necesidad de corrección con materia orgánica y yeso.
- S4: (RAS>26). Contenido en sodio intolerable para uso como agua de riego.

Pero la idoneidad para el riego de aguas que presentan sodicidad depende también del suelo y la salinidad total del agua. El método de valoración más común es el de Riverside, que clasifica las aguas en 16 grupos según el RAS y la Conductividad, según se aprecia en la gráfica.



EQUIPOS DE INYECCIÓN PARA LA FERTILIZACIÓN

Dadas las características de los cabezales de filtración y impulsión más habituales en comunidades de regantes, y su posible funcionamiento a muy diferentes rangos de caudal, es necesario contar con un equipo que pueda adaptar la inyección a los mismos.

Al ser cabezales que usualmente trabajan a presiones superiores a 5 bares y caudales en rangos máximos de 200 a 600 m³/h, el uso de sistemas basados en el Venturi es desaconsejable, ya que ello conducirá al desprecio de al menos un 30% de la presión o al sobredimensionado de un sistema ya de por sí de gran valor económico, y que obligaría a un control complementario del volumen inyectado de cada producto.

El uso de bombas inyectoras hidráulicas no proporcionales también está desaconsejado, porque este tipo de dosificadoras extraen del sistema parte del caudal, lo cual no siempre es asumible, no son fácilmente controlables en condiciones de caudales diferentes o variables. Las dosificadoras hidráulicas proporcionales crean una pérdida de carga reducida, sin embargo no son apropiadas ya que el dimensionado es insuficiente para los caudales habituales en este tipo de instalaciones.

Los dosificadores en una instalación de fertirrigación en una comunidad de regantes deben cumplir una serie de requisitos para asegurar una adecuada elección:

- Seguridad: Resistencia a los productos químicos dosificados y a las presiones de trabajo, protección del acceso a partes móviles. (especialmente la cámara posterior del pistón y la ventilación)
- Precisión
- Fiabilidad mecánica
- Correcto dimensionado
- Posibilidades de control
- Facilidad de uso por el regante y el técnico

Todas estas características pueden obtenerse mediante el uso de dosificadoras eléctricas de pistón preparadas para la dosificación de fertilizantes y ácidos, convenientemente reguladas mediante controladores adecuados.

Es evidente la importancia que la instalación en sí y el resto de elementos concurrentes (tuberías, cableados, válvulas, etc.) tienen en el mantenimiento de estas características, así como la observación de un programa de mantenimiento adecuado y el uso de fertilizantes de calidad.

INSTALACIÓN TÍPICA DE FERTIRRIGACIÓN PARA COMUNIDADES DE REGANTES

El equipo para la práctica de la fertirrigación esencialmente se compone de:

DEPÓSITOS

Para el almacenamiento del producto a dosificar (fertilizante, ácido o otros productos complementarios), al cual deberá ser resistente y dimensionado de acuerdo con la estrategia de compra y reposición o elaboración del producto, garantizando una autonomía suficiente del mismo. En el caso de elaborar el producto "in situ" a partir de la disolución de productos solubles, deberá preverse un sistema de agitación para facilitar la rápida preparación del líquido a inyectar.

Puede también preverse sistemas de trasvase de productos químicos entre los diferentes depósitos, normalmente bombas centrífugas resistentes a los fertilizantes.

Es útil disponer de sistemas de visualización y de detección del nivel en el depósito que eviten el agotamiento imprevisto de los mismos y el funcionamiento "en seco" de los dosificadores, que puede perjudicar collarines, pistones y válvulas.

DOSIFICADORAS

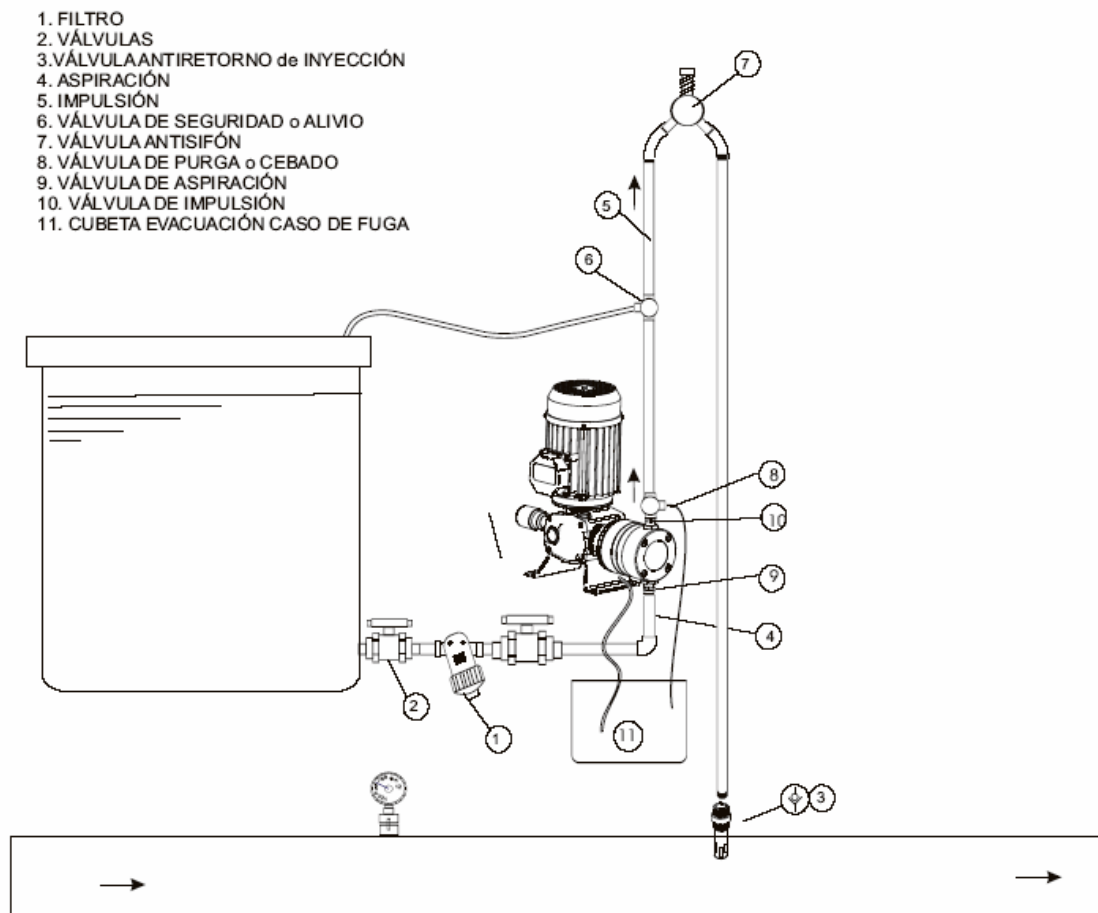
Es el dispositivo que bombea los productos, una dosificadora eléctrica trifásica alimentada a través de variador de frecuencia, habitualmente de pistón, más raramente de membrana. Deben ser en número tantas como productos se quieran dosificar simultáneamente.



Deben estar dimensionadas de acuerdo con las necesidades hídricas y nutricionales de los cultivos a regar y el clima de la región. Este dimensionado no puede realizarse simplemente en base a la pluviometría media, sino que debe tener en cuenta la incidencia de períodos poco frecuentes de mayor pluviometría o menor ETP de la habitual. En estos períodos la dotación de riego disminuye, no así la necesidad de nutrientes (que puede incluso ser mayor si se suelen aplicar técnicas de riego deficitario), con lo que deberemos aportar una misma cantidad de nutriente durante menos ciclos o tiempo de riego.

CONDUCCIONES HIDRÁULICAS

Encontramos básicamente dos conducciones: la aspiración (desde el depósito hasta la válvula de aspiración de la dosificadora) y la impulsión (desde la dosificadora hasta la válvula de inyección en la tubería principal del riego). Una tercera conducción es la de retorno al depósito o purga en caso de haber válvulas de alivio o válvulas de purga. Es de suma importancia el correcto dimensionado de las tuberías y muy especialmente la de aspiración, teniendo en cuenta la longitud y desniveles entre los diferentes dispositivos y accesorios.



Dentro de los errores más frecuentes en conducciones de aspiración se encuentran el infradimensionado, desnivel excesivo, presencia de sifones (un máximo en el que el aire o gases eventualmente acumulados producen un estrangulamiento en el paso del producto).

Entre los errores más frecuentes en conducciones de impulsión se encuentran el infradimensionado y la presencia de válvulas de accionamiento manual (especialmente peligrosa si no hay válvulas de alivio). Conviene también disponer de un sistema de prevención de la descarga accidental del producto desde los depósitos hasta la tubería del riego si ésta queda vacía, despresurizada o en depresión ("sifonazo"), bien sea una válvula antirretorno con muelle, bien sea una válvula antisifón.

ACCESORIOS EN UNA INSTALACIÓN DE FERTIRRIGACIÓN

FILTRO

Imprescindible para evitar el perjuicio de collarines, pistones y válvulas. El paso de sólidos (normalmente precipitados) por una dosificadora acelera el desgaste de los collarines, puede rayar los pistones e impide el cierre correcto de las válvulas, lo que provoca una reducción del rendimiento y pérdida de la precisión. Mínimo 120 Mesh.

El filtro debe estar situado entre el depósito y la bomba dosificadora. Si una dosificadora puede aspirar producto de varios depósitos, el filtro deberá situarse aguas abajo del punto de encuentro o colector. Debe estar fabricado en materiales resistentes a los productos químicos a dosificar, usualmente Polipropileno para el cuerpo y Acero Inoxidable o Poliéster para la malla. Debe preverse la instalación de válvulas antes y después del mismo para evitar el derrame excesivo de producto al realizar el test o limpieza del mismo.



El dimensionado debe ser el apropiado para los caudales y las impurezas esperadas del producto a inyectar. Si se observa un programa de mantenimiento adecuado, es suficiente un filtro de 3/4" para Caudales hasta 400 L/H y 1 1/4" para caudales hasta 1200 L/H.

VÁLVULA DE PURGA



Aunque no es imprescindible, esta válvula situada sobre la propia bomba, después de la válvula de impulsión, facilita la purga manual de aire y el cebado de la dosificadora si ésta ha quedado llena de aire como resultado del agotamiento del producto de labores de mantenimiento. No es imprescindible pero sí aconsejable en los productos peligrosos a dosificar por pequeños cabezales, con poca capacidad de autocebado en condiciones de presión.

VÁLVULA DE ALIVIO

Ésta válvula, situada en impulsión, previene del aumento de presión en la red de impulsión como consecuencia de una obturación en la misma, el cierre de una válvula manual en impulsión o la obturación de una válvula de inyección. Al superar la presión máxima prevista, abre un paso que devuelve el producto al depósito de origen.

Si una dosificadora bombea producto sin salida (o con una salida insuficiente) de la tubería de impulsión, al ser la dosificadora una bomba volumétrica, seguirá impulsando fluido al interior del circuito hasta la rotura de válvulas, canalizaciones o la propia dosificadora.



Puede entenderse fácilmente la importancia de este dispositivo especialmente en el caso de productos peligrosos (p.ej. ácido) que puedan tras una rotura alcanzar a personas presentes en las instalaciones, o en el caso de trabajar con grandes depósitos que pudieran perder su contenido a través de una rotura en el tubo de impulsión (incluso sin funcionamiento del dosificador)ósito de origen.

VALVULA DE INYECCIÓN

Es una válvula antirretorno que impide el retroceso del fluido o la entrada del agua de riego en el circuito de dosificación. Este tipo de válvulas pueden presentar mejoras ventajosas:

Difusora: Alejan el producto de las paredes del tubo, impidiendo la corrosión del mismo, situando el producto en la zona de mayor velocidad y difundiéndola para provocar una rápida disolución y reacción, para garantizar una lectura correcta de sondas (CE y pH)

Con muelle: El muelle evita el paso de producto a través de esta válvula, a no ser que éste sea impulsado por la dosificadora, impidiendo por tanto la descarga accidental del depósito. Substituye en este uso la válvula antisifón, sin el inconveniente de entrada de aire y posibles salpicaduras en el cierre del mismo.

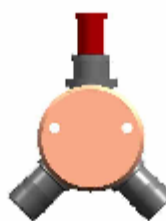


Precauciones a tener en cuenta en su uso

Este tipo de válvulas crean una pequeña pérdida de carga (0,5 – 1,2 bar) que deberá ser tenida en cuenta al dimensionar la dosificadora. El carácter antisifón de las mismas se basa en el trabajo de un muelle en acero inoxidable AISI 316 que no está a la vista pero puede ser afectado por las sustancias químicas perdiendo sus propiedades (especialmente el ácido fosfórico). Por ello debe revisarse periódicamente y reponerse si se estima conveniente para evitar la descarga involuntaria del producto.

VALVULA ANTISIFON

Este dispositivo, situado en impulsión en un punto superior al máximo del nivel de producto en el depósito, abre a presión muy baja, nula o depresión, facilitando la entrada de aire en la instalación y impidiendo la descarga accidental del producto contenido en los depósitos en el interior de la tubería de riego cuando la dosificadora no está en funcionamiento. No crea pérdida de carga por lo que debe utilizarse para la prevención de la descarga en aquellas instalaciones en que la presión máxima de la dosificadora es muy próxima (< 1 bar) a la presión máxima del riego.



Un fenómeno común observado en el uso de este dispositivo con soluciones salinas tales como los fertilizantes es que la entrada de aire en la tubería puede facilitar la cristalización del producto, afectando a la estanqueidad en el momento del cierre. En este caso puede observarse una pérdida de producto e incluso un perjuicio de la junta del cierre.

ELECTROVALVULAS



La presencia de electroválvulas en la tubería de aspiración o impulsión es necesaria cuando se quiere determinar diferentes orígenes del producto a inyectar a partir de una señal procedente de un programador. Sin embargo, si no va a efectuarse este tipo de selección automatizada se corre el peligro de que si no se activa la abertura de la electroválvula y la dosificadora actúa, puede dañarse gravemente por cavitación (si está situada en aspiración) o puede causar roturas (si está situada en impulsión). No se recomienda, por tanto, el uso de este tipo de electroválvulas en comunidades de regantes.

CUBETA DE EVACUACIÓN

En caso de desgaste excesivo de los collarines, rayado de pistones, o rotura de un fuelle puede observarse una pérdida de producto en forma de goteo a través del orificio de ventilación situado en la parte trasera del cilindro de la dosificadora.

Este orificio, que en las dosificadoras fabricadas por ITC está protegido y por seguridad no permite la introducción de un dedo, permite el roscado de un rácor para la conducción del fluido a una cubeta de evacuación.

Sin embargo puede considerarse más conveniente no situar canalización ni cubeta alguna, pues así la presencia de gotas de producto en el suelo son interpretadas directamente como síntoma de una anomalía o avería que debe solucionarse.

Asimismo, en referencia a la válvula de purga, al ser de uso manual, es preferible que el usuario disponga de un cubo donde recoger la pequeña cantidad de producto desperdiciada en el proceso (50 a 100 ml).

CONTADORES PARA PRODUCTO INYECTADO

En ocasiones se sitúan contadores para controlar el consumo del fertilizante inyectado. Sin embargo la precisión de éstos se reduce enormemente al trabajar con caudales intermitentes (como son los procedentes o aspirados por una dosificadora de pistón), habiendo encontrado casos con desviaciones del 100% respecto del volumen realmente dosificado.

Una mejora del rendimiento de estos dispositivos se consigue con la instalación de amortiguadores de pulsos entre la dosificadora y el contador, sin embargo, el amortiguador debe escogerse o tararse conforme a la frecuencia y el volumen de cada inyección, por lo que siendo éstos variables es imposible obtener precisión para todos los caudales, regulaciones y frecuencias.

Si se precisa un conocimiento del caudal dosificado, se puede contar con dispositivos basados en la frecuencia y volumen de las dosificadoras (como el que incorpora CONTROLLER 3000) o por medición directa de cada pistonada, mediante la emisión de un pulso.

AMORTIGUADORES DE PULSOS

Los amortiguadores de pulsos, empleados para mejorar la precisión en la medida del volumen del fertilizante, son útiles en la eliminación de las vibraciones que en ocasiones afectan a la tubería de impulsión.

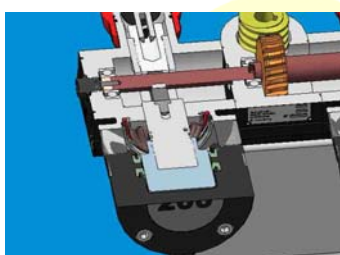


DOSIFICADORAS ELÉCTRICAS

Las dosificadoras más adecuadas para la dosificación de productos en grandes caudales a presión son los equipos de inyección activa. Prácticamente la totalidad de sistemas de inyección activa de fertilizantes utilizan motores eléctricos, lo que posibilita un control muy fiable de la inyección.

Dentro de estos sistemas, en la actualidad se utilizan básicamente dos tipos de bombas de inyección: las bombas de pistón y las de membrana.

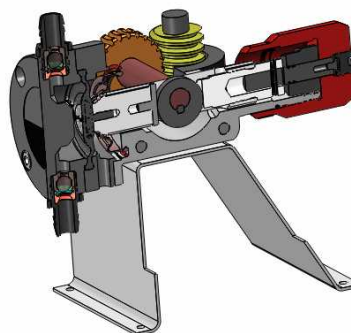
Bombas de pistón



Puede controlarse la inyección de manera precisa mediante el ajuste de la carrera del pistón a un porcentaje determinado o mediante la frecuencia de las inyecciones. Son bombas de gran precisión, puesto que el volumen desplazado por el pistón en su desplazamiento es independiente de la presión en la red, así como de la densidad o viscosidad del producto.

Bombas de diafragma

Puede asimismo ajustarse la carrera del pistón y la frecuencia de la inyección, aunque su uso se restringe a bajas presiones y caudales, ya que la deformación de la membrana puede depender de las variables físicas, muy especialmente de la presión en red.



Sin embargo, al no existir desplazamiento entre las superficies, la cámara del cilindro es absolutamente estanca, con lo que es un dispositivo ideal para la inyección de productos muy corrosivos, peligrosos o de gran valor económico, en los que se persigue la nula pérdida de producto a través de collarines. Las aplicaciones en las que la dosificación se va a controlar a partir de características químicas, como son el control de la conductividad o el pH (inyección de ácidos) no se ven perjudicadas por la pérdida de precisión debida a la deformación de la membrana.

ITC dispone de una gama de electrobombas para fertirrigación y quimigación adecuada para estas operaciones. Los materiales empleados en su construcción son resistentes a los productos agroquímicos y ácidos comúnmente empleados en agricultura.

DOSIFICADORAS DE PISTÓN

MULTIFERTIC y DOSTEC-40

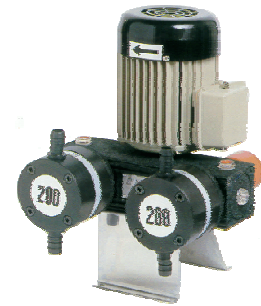
Adecuadas para pequeños y medios caudales de inyección, estos dos modelos están disponibles con los siguientes materiales:

Pistón en Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (PEUAPM o PEUADM) para QN desde 25 hasta 500 L/H.

Pistón Cerámico, fabricado en Corindón 99,5%, de extrema dureza y resistente a la práctica totalidad de productos químicos.

Cilindro en Polipropileno, resistente a los ácidos normalmente empleados (ácido nítrico, ácido fosfórico), y a los fertilizantes (disoluciones salinas) en cualquier graduación.

Cilindro en PVDF, especialmente resistente a algunos ácidos.



*Dosificadora modular
MULTIFERTIC*



*Dosificadora de pistón
DOSTEC-40*

Cilindro en Acero Inoxidable AISI 316, resistente a la mayor parte de fertilizantes, pero atacable por algunas sustancias como el ácido fosfórico, presente en algunas formulaciones y aplicado también para el control de pH. Interesante especialmente para la dosificación de determinados pesticidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas).

Collarines en PTE (Vitón), resistente a los ácidos y a las disoluciones salinas neutras y ácidas.

Válvulas con cuerpo en PP, PVDF y Acero AISI 316, y bola en Vidrio Sódico Cálculo, Borosilicato (para ácidos), Cerámica (extrema dureza y uso prolongado de ácido fosfórico de alta graduación) Y AISI 316.

DOSTEC-50 y ELECTROFERTIC 2000

Adecuadas para grandes caudales, estas dosificadoras se emplean básicamente para la dosificación de fertilizantes (disoluciones salinas), estando disponibles únicamente con:

Pistón en Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (PEUAPM o PEUADM) para QN desde 500 hasta 2000 L/H.

Cilindro en Polipropileno, resistente a los ácidos normalmente empleados (ácido nítrico, ácido fosfórico), y a los fertilizantes (disoluciones salinas) en cualquier graduación.

Collarines en PTE (Vitón), resistente a los ácidos y a las disoluciones salinas neutras y ácidas.

Válvulas con cuerpo en PP, y bola en Vidrio Sódico Cálcico, Borosilicato, y Cerámica.

DOSIFICADORAS DE MEMBRANA O DIAFRAGMA

Las dosificadoras de membrana son de interés para la dosificación según parámetros regulados por procesos de regulación proporcional y integral tales como el ácido para el control del pH, ya que no se ven afectadas por una inferior precisión en este parámetro.

Otro interés es su uso para la dosificación de pesticidas (no tenemos constancia de que esté prevista esta utilidad) o para productos muy abrasivos o suspensiones (como de hecho son los quelatos). Sin embargo, se ven algo afectadas por cambios de presión en la red, y ofrecen menor precisión especialmente en los rangos bajos de regulación de la carrera. También debe considerarse una mayor uniformidad de productos y reducción del estoc de recambios necesario.

MULTIFERTIC Y DOSTEC-40

Adecuadas para caudales medios o pequeños, hasta QN 300 L/H. La base de la membrana es de elastómero reforzado con fibra y la superficie en contacto con el producto está fabricada en PTFE (Teflón) resistente a prácticamente todas las sustancias químicas, y el cabezal ("cilindro") en PP, PVDF, Acero AISI 316 y PTFE.

DOSTEC-50

Adecuada para caudales mayores, QN = 500 a 1000 L/H, la membrana es similar a la empleada en los anteriores modelos y el cilindro está disponible en PP, PVDF y Acero AISI 316.

Dimensionado de las dosificadoras

Varios aspectos determinaran un correcto dimensionado de los cabezales de fertirrigación. Un cálculo exhaustivo puede realizarse a partir de las necesidades previstas de fertilizante mensuales o quincenales a lo largo del año, así como los aportes de agua que van a efectuarse al cultivo.

Así, es evidente que en algunos períodos la dotación de riego necesario será superior y podremos inyectar una proporción inferior de fertilizante, y otros períodos de menor solicitud de agua en los cuales este fertilizante va a tener que ser más concentrado en la solución del riego, implicando el uso de inyectoras de mayor caudal. Hay que tener también en cuenta que la concentración de fertilizantes en el caudal de riego está limitada por la solubilidad de los mismos y por la toxicidad que puedan inducir en el cultivo.

El dimensionado de las dosificadoras se ve influido incluso por la temperatura de almacenamiento de las soluciones madre. El nitrato potásico, que tiene una solubilidad de 370 g/l a 25°C sólo puede disolverse a razón de 180 g/l a 5°C. Afortunadamente, las necesidades de fertilización suelen crecer con la temperatura.

Nuestra experiencia indica que en fruticultura puede ser suficiente un dimensionado que nos garantice poder inyectar fertilizantes en una proporción global de un 1,5 al 2 por mil del caudal de riego.

El número y volumen relativo de los tanques de fertilizantes dependerá de la estrategia adoptada. Los fertilizantes simples son una opción generalmente económica y versátil, pues nos permiten en cada momento cambiar la relación entre ellos sin necesitar de agotar el contenido de los depósitos, pero obligan a la instalación de mayor número de depósitos y precisan de una formación del personal de mantenimiento.

Sin embargo, la presencia de fábricas de fertilizantes líquidos complejos en zonas de gran implantación de la fertirrigación, como es en general la costa mediterránea española, permite el suministro a precios competitivos de fertilizantes completos "a la carta", lo que ha hecho muy atractiva la opción de un cabezal de dosificación para complejo (NPK), otro para productos nutricionales complementarios (usualmente quelatos de hierro y microelementos) y finalmente otro para ácido (control pH). El número y capacidad de los depósitos deberá permitir una gestión eficaz del suministro de fertilizantes y una autonomía de uso razonable dependiente del caudal máximo dosificable.

Orientativamente, podemos prever un cabezal de dosificación y al menos un depósito para cada uno de los siguientes nutrientes:

<u>OPCIÓN</u> <u>Fertilizantes simples</u>	<u>Dimensionado</u> <i>L inyección/ m3 de riego</i>
- Nitrógeno	0,5 ⁽¹⁾
- Fósforo	0,5
- Potasio	1 ⁽²⁾
- Calcio (sólo en aguas sódicas)	Variable ⁽³⁾
- Microelementos y prod. Compl.	0.4 L /m3
- Ácido	Variable 0.15 a 0.30 L/m ³ ⁽⁴⁾
<u>OPCIÓN</u> <u>COMPLEJOS</u>	<u>Dimensionado</u> <i>L inyección/ m3 de riego</i>
- COMPLEJO N-P-K	1,5-2
- Calcio (en aguas sódicas)	Variable ⁽³⁾
- Microelementos y prod. Compl.	0.4 L /m3
- Ácido	Variable 0.15 a 0.30 L/m ³ ⁽⁴⁾

(1) Si van a utilizarse abonos de riqueza inferior al 30%, debería incrementarse este valor de manera proporcional. También debe tenerse en cuenta que en períodos lluviosos prolongados la influencia del lavado de nitratos puede implicar necesidades mayores de este elemento en relación con P y K.

(2) El potasio suele implicar la mayor de las dosificaciones, a no ser que se aplique parte del Nitrógeno en forma de Nitrato Potásico

(3) Depende de la solubilidad o riqueza del producto corrector de la sodicidad y de la corrección necesaria, que dependerá del RAS y el tipo de suelo. Por ejemplo, la adición de 1 meq Ca²⁺ /litro de agua, a partir de un producto con una concentración del 12% implica una dosificación de 0,14 L/m³.

(4) La dosificación de ácido no puede ser prevista de manera precisa y depende de la combinación de sales presente en la solución del riego y del efecto de los abonos macronutrientes. Una aproximación a la misma puede obtenerse en los gráficos del anexo. La reducción de 1 punto pH mediante la inyección de Ácido Nítrico al 40% en un caudal de 200 m3/h puede comportar el gasto aproximado de 15 a 30 L/h de solución de ácido. Las mayores cantidades se necesitaran en general en aguas carbonatadas y bicarbonatadas, y, en cualquier caso, siempre hay la posibilidad de escoger aquella concentración de ácido que más se adapte al cabezal escogido.

Aunque puede estudiarse el dimensionado más adecuado de los cabezales, según la estrategia a seguir y el análisis del agua de riego, una aproximación al mismo trabajando con complejo NPK, micronutrientes y ácido puede ser la siguiente:

Caudal de riego m ³ /h	Necesidades de inyección en L/h		
	NPK	micros	ácido
200	400	80	40
250	500	100	50
300	600	120	60
350	700	140	70
400	800	160	80
500	1000	200	100
600	1200	240	120
700	1400	280	140

Pueden deducirse, si contamos con el escalado de caudales nominales de las inyectoras ITC, que pueden ser incrementados hasta un 20% si son alimentadas a través de un variador de frecuencia, que los cabezales mínimos a utilizar serán los siguientes, dependiendo de las presiones en red. Se ha contemplado una pérdida de carga aproximada de 1 bar en válvulas de retención en impulsión.

A continuación se detallan los equipos precisos para dosificar con esta estrategia en los supuestos anteriores para diferentes presiones. Las configuraciones descritas son suficientes habitualmente en fruticultura y citricultura, aunque circunstancias especiales deberán tenerse en cuenta (alta pluviometría o baja ETP de la temporada, uso de fertilizantes diluidos, variedades con exigencias nutricionales específicas...)

COMUNIDADES DE REGANTES. REDES HASTA 5 BAR

Caudal máximo de riego $\frac{m^3}{h}$	Necesidades de inyección en L/H		
	NPK	micros	ácido
250	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 50 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
300	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
450	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 750 L/H ($P_{max} = 7,5$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
600	ELECTROFERTIC 2000 ⁽¹⁾ ALTA PRESION, 1 MODULO PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 1000 L/H ($P_{max} = 6$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
900	ELECTROFERTIC 2000 BAJA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO 750+750 L/H ($P_{max} = 8$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 300 L/H ($P_{max} = 7$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)

⁽¹⁾ en caso de presión cercana a la máxima de este modelo puede ser ventajosamente substituida por ELECTROFERTIC 2000, BAJA PRESIÓN de dos módulos de QN = 500 + 500 L/H, con $P_{max} = 9$ bar

COMUNIDADES DE REGANTES. REDES HASTA 6 BAR

Caudal máximo de riego $\frac{m^3}{h}$	Necesidades de inyección en L/H		
	NPK	micros	ácido
250	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 50 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
300	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
450	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 750 L/H ($P_{max} = 7,5$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
600	ELECTROFERTIC 2000 ⁽¹⁾ ALTA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 + 500 L/H ($P_{max} = 9$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
900	ELECTROFERTIC 2000 BAJA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 750+750 L/H ($P_{max} = 8$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 300 L/H ($P_{max} = 7$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)

COMUNIDADES DE REGANTES. REDES HASTA 7 BAR

Caudal máximo de riego $\frac{m^3}{h}$	Necesidades de inyección en L/H		
	NPK	micros	ácido
250	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 50 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
300	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
450	ELECTROFERTIC 2000 ALTA PRESIÓN PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 750 L/H ($P_{max} = 8$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
600	ELECTROFERTIC 2000 ⁽¹⁾ ALTA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 + 500 L/H ($P_{max} = 9$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
900	ELECTROFERTIC 2000 BAJA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 750+750 L/H ($P_{max} = 8$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 + 100 L/H ($P_{max} = 8$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)

COMUNIDADES DE REGANTES. REDES HASTA 8 BAR

Caudal máximo de riego $\frac{m^3}{h}$	Necesidades de inyección en L/H		
	NPK	micros	ácido
250	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 50 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
300	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
450	ELECTROFERTIC 2000 BAJA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 + 500 L/H ($P_{max} = 9$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
600	ELECTROFERTIC 2000 ALTA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 + 500 L/H ($P_{max} = 9$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)

COMUNIDADES DE REGANTES. REDES HASTA 10 BAR

Caudal máximo de riego $\frac{m^3}{h}$	Necesidades de inyección en L/H		
	NPK	micros	ácido
250	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 50 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
300	DOSTEC-50 PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
450	ELECTROFERTIC 2000 ALTA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 + 500 L/H ($P_{max} = 12$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)
600	ELECTROFERTIC 2000 ALTA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 + 500 L/H ($P_{max} = 12$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 200 L/H ($P_{max} = 11$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{max} = 15$ bar)

COMUNIDADES DE REGANTES. REDES HASTA 11 BAR

Caudal máximo de riego m^3/h	Necesidades de inyección en L/H		
	NPK	micros	ácido
250	ELECTROFERTIC 2000 ALTA PRESION, 1 MODULO PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{\text{max}} = 12$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{\text{max}} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 50 L/H ($P_{\text{max}} = 15$ bar)
300	ELECTROFERTIC 2000 ALTA PRESION, 1 MODULO PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 L/H ($P_{\text{max}} = 12$ bar)	DOSTEC-40 PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{\text{max}} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{\text{max}} = 15$ bar)
450	ELECTROFERTIC 2000 ALTA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 + 500 L/H ($P_{\text{max}} = 12$ bar)	MULTIFERTIC PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100+100 L/H ($P_{\text{max}} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{\text{max}} = 15$ bar)
600	ELECTROFERTIC 2000 ALTA PRESION, 2 MODULOS PISTON PEUAPM CIL. POLIPROPILENO QN = 500 + 500 L/H ($P_{\text{max}} = 12$ bar)	MULTIFERTIC PISTON CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100+100 L/H ($P_{\text{max}} = 15$ bar)	DOSTEC-40 PIST. CERAMICO CIL. POLIPROPILENO QN = 100 L/H ($P_{\text{max}} = 15$ bar)

Para dosificar en redes a mayor presión o caudal deberá tenerse en cuenta el caudal nominal y presión máxima de los diferentes modelos de dosificadora, así como la pérdida de carga originada especialmente en las válvulas antirretorno, pudiendo combinarlas en paralelo para alcanzar mayor caudal.

CONTROL AUTOMATIZADO DE LA FERTIRRIGACIÓN

El objetivo principal de la fertirrigación es una mejora en el rendimiento y regularidad del abonado y una reducción en los costes de adquisición y aplicación de fertilizantes mediante el control de las características de la solución del riego.

El control de la aplicación de productos fertilizantes permite optimizar las concentraciones y relaciones entre nutrientes, aportando soluciones equilibradas. Permite asimismo establecer un nivel de pH determinado que aumentará la eficiencia del sistema, favoreciendo la asimilación de los nutrientes, impidiendo la precipitación de fertilizantes o sales disueltas en el agua de riego y ayudando a la conservación de los sistemas de riego.

La automatización del control de la fertilización nos asegura una total uniformidad en esta operación, ya que las características químicas (proporcionalidad de los productos, acidez) no se verán alteradas por diferencias en los caudales de los diferentes sectores de riego o aquellas causadas por la heterogeneidad en el agua.

Puede también mejorar la seguridad del sistema mediante el establecimiento de alarmas que, convenientemente tratadas, pueden detener el riego, la fertilización o dar un aviso visual, acústico, etc.

A continuación se detallan algunos de los sistemas desarrollados por ITC para el conocimiento y control de la dosificación y su optimización a diferentes condiciones que puedan encontrarse en comunidades de regantes.



6.1. Conceptos básicos de control en fertirrigación

6.1.1. Proporcionalidad

Es la relación entre la cantidad de un producto disuelto en el agua de riego y el volumen de agua que lo contiene. Si conocemos el caudal de una red de riego y la concentración de una solución fertilizante madre, podemos establecer el caudal necesario para alcanzar una determinada proporcionalidad.

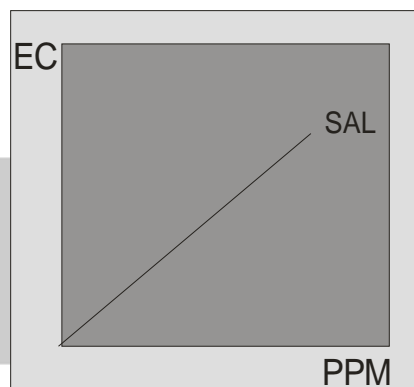
6.1.2. Conductividad

Es la aptitud de una disolución para transmitir la corriente eléctrica. (mS/cm)

Los factores principales que afectan a la lectura de esta conductividad son: voltaje aplicado, viscosidad del medio, temperatura y el tipo y número de cargas en la disolución (Concentración y naturaleza de fertilizantes).

La lectura de conductividad es, pues, proporcional a la cantidad de sales disueltas y es posible obtener una lectura precisa en ppm.

Esta lectura puede verse afectada a bajos niveles de pH, incrementándola y desvirtuando su correlación con la concentración de fertilizantes.



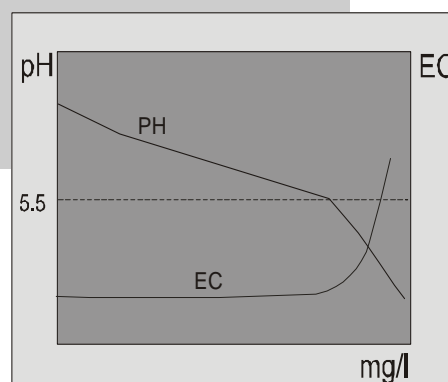
6.1.3. Acidez (pH)

El valor pH, situado entre 1 y 14, indica el grado de acidez de una disolución. A menor valor, mayor acidez en la solución.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Los factores principales que afectan a la lectura de pH son el tipo y número de cargas en la disolución (Concentración de sustancias ácidas o básicas), que dependen de los productos disueltos y su reacción.

La incorporación de ácido debe realizarse de forma exacta ya que el comportamiento de los valores de pH no es proporcional a la concentración de ácido.



6.2. Lectura de valores físicos y químicos del riego: LECTOR®

El conocimiento de unas variables básicas: (Acidez o nivel pH, Caudal de riego y Conductividad) permite optimizar la dosificación de nutrientes en una red de riego.

LECTOR ® nos ofrece una visualización constante del Caudal instantáneo de riego, la conductividad y el pH de la solución. Permite establecer alarmas máxima y mínima de cada una de las variables.

La lectura se realiza mediante la conexión al mismo de las sondas de pH, Conductividad y el caudalímetro.



SONDA DE PH

medición constante del valor pH de la solución circulante por la tubería de riego.

SONDA DE CONDUCTIVIDAD

Con compensación automática de la temperatura.



CAUDALÍMETRO

Caudalímetro de inserción. Medición continua del caudal instantáneo en una tubería.



Equipos de control mediante SERVOMOTOR



Bomba con uno de sus módulos regulado mediante servomotor.

El servomotor ajusta la carrera de su pistón o la deformación de un diafragma a un porcentaje determinado según la consigna determinada por un controlador del modelo:

- **CONTROLLER 2000 CP®**,
- **CONTROLLER 2000 CS®**,
- **CONTROLLER 2000 SERVOS®**

COMPACT-S® es un controlador que ajusta la carrera del pistón o la deformación de un diafragma, mediante su propio **SERVOMOTOR**, a un porcentaje de su caudal nominal para establecer un valor de pH o Conductividad.

Permite también dosificar proporcionalmente al caudal de riego medido instantáneamente mediante caudalímetro.

Ofrece visualización constante de:

- Caudal instantáneo (m³/h o GPM)
- Conductividad
- pH

Permite establecer alarmas máx./mín. para todos los valores visualizados.
Conexión directa de sondas de pH, Conductividad y Caudalímetro.

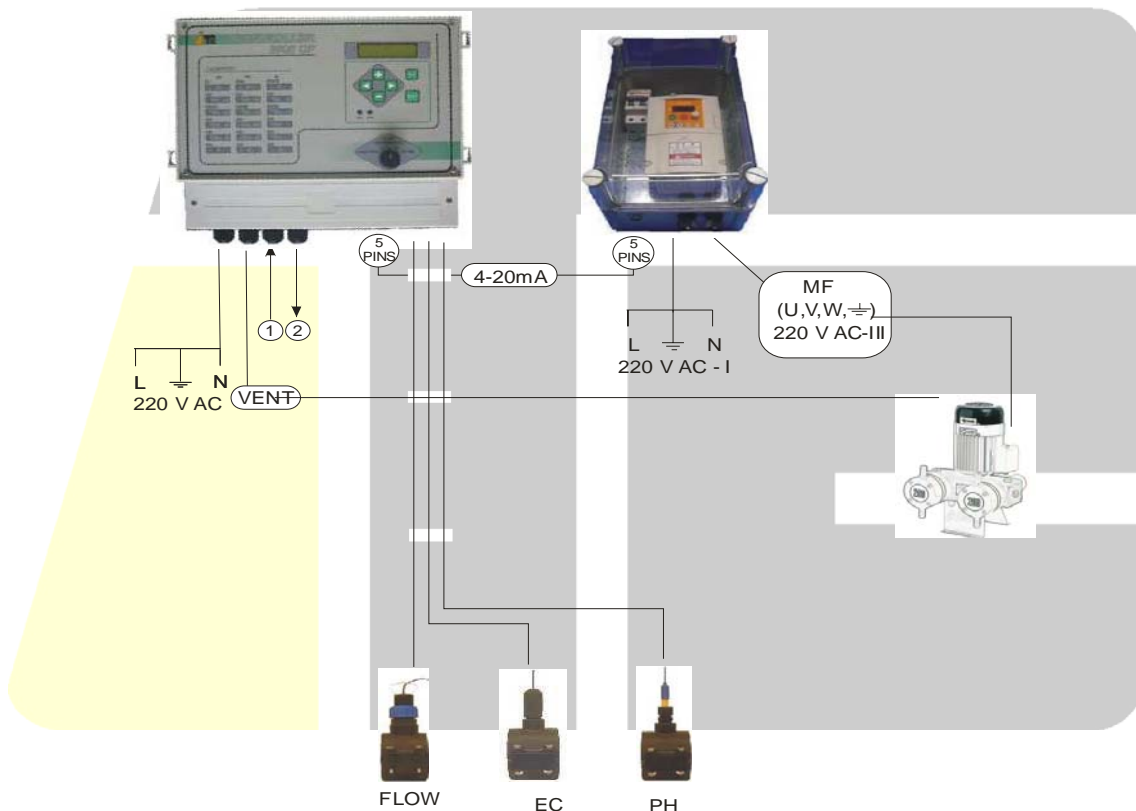


Bomba con uno de sus módulos regulado mediante **COMPACT-S**

Equipo de control mediante VARIADOR DE FRECUENCIA: COMPACT-V CP ®

Cuando el motor de una dosificadora trabaja a una frecuencia de 50 Hz, cada cabezal inyecta un caudal equivalente al nominal, modificado según la reducción establecida en la carrera de su pistón.

Podemos regular la velocidad del motor aumentando o disminuyendo la frecuencia eléctrica mediante un VARIADOR DE FRECUENCIA. De esta manera, controlamos la frecuencia de las inyecciones, pudiendo inyectar desde un 10% hasta un 120% del caudal establecido en todos los cabezales de una dosificadora. El rendimiento por encima del caudal nominal puede obtenerse alimentando el motor con corriente de frecuencia superior a 50 Hz. Así, por ejemplo, alimentando a 60 Hz una bomba de $Q_n=100$ L/h, se obtiene un caudal efectivo de 120 L/h.



El controlador **COMPACT-V CP** ® permite regular, a través de una señal 4-20 mA, la frecuencia de la alimentación de la dosificadora mediante un variador de frecuencia. Este control afecta simultáneamente a todos los cabezales accionados en una misma dosificadora, y a todas las bombas alimentadas a través de un mismo variador.

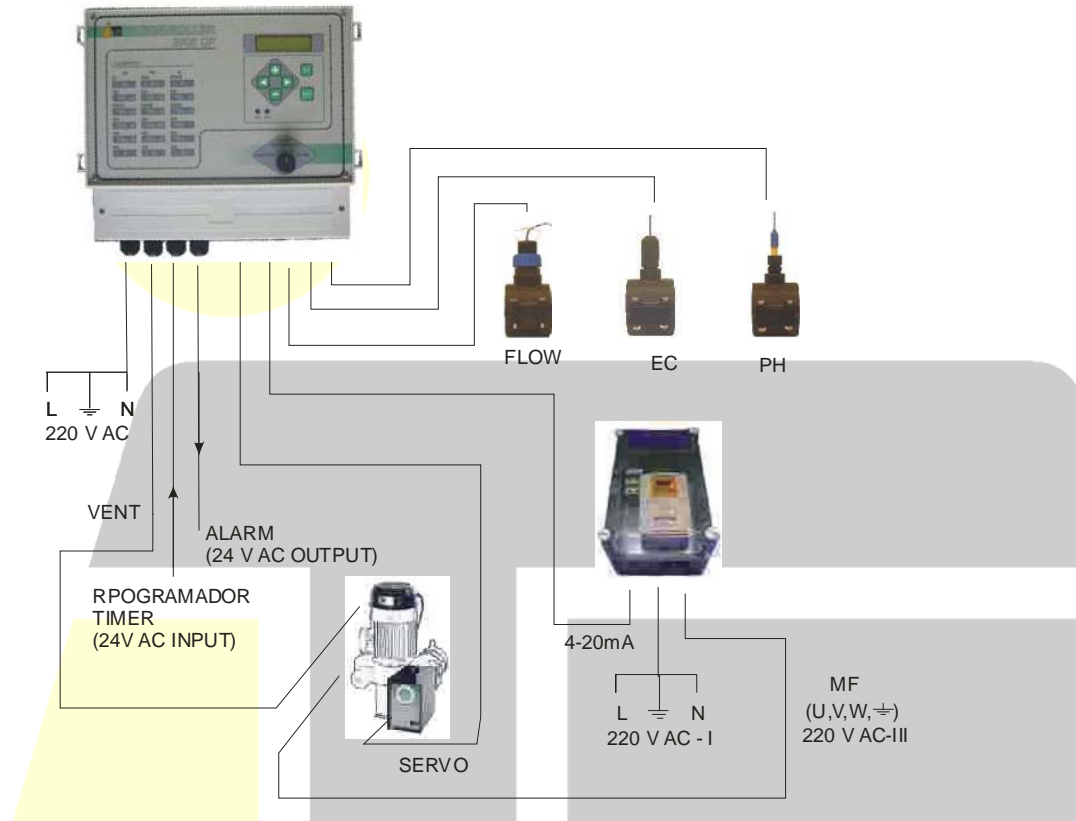
Es posible inyectar proporcionalmente al caudal de la red de riego, o regular una frecuencia de inyección para establecer valores de pH o Conductividad. Ofrece la visualización constante de Caudal instantáneo, Conductividad y pH. Permite establecer alarmas máx./mín. para cada uno de los valores.

Una aplicación muy extendida en los equipos de fertirrigación para comunidades consiste en el control de cada diferente fertilizante a través de una dosificadora (Generalmente ELECTROFERTIC 2000 o DOSTEC-50) controlada por su propio controlador COMPACT-V y realizar la inyección de microelementos y ácido a través de una dosificadora MULTIFERTIC dotada de un servomotor en un cabezal de membrana para el ácido controlada por CONTROLLER 2000 CP. También puede ser interesante la adopción de un cabezal de membrana para los quelatos, normalmente productos muy viscosos y de gran adherencia, para evitar un desgaste excesivo en los collarines.



Equipo de control mediante VARIADOR DE FRECUENCIA y SERVOMOTOR: CONTROLLER 2000 CP®

Es posible la regulación de la velocidad del motor, mediante un VARIADOR DE FRECUENCIA, y al mismo tiempo el ajuste del recorrido de uno de los pistones mediante actuación de SERVOMOTOR. Podemos establecer este control con el controlador de fertirrigación **CONTROLLER 2000 CP®**.



CONTROLLER 2000 CP® permite la dosificación de productos en función de una proporcionalidad determinada por el usuario y la lectura constante de caudal mediante un caudalímetro de inserción, y simultáneamente puede regular la inyección de un ácido para establecer un nivel pH determinado asimismo por el usuario. Habitualmente se dosifica la inyección de abonos mediante VARIADOR DE FRECUENCIA, y la de ácido mediante SERVOMOTOR.

CONTROLLER 2000 CP® permite alternativamente la dosificación mediante valores de conductividad para la inyección de fertilizantes.

Pueden establecerse alarmas máx./mín. para todos los valores: Caudal, Conductividad y pH.

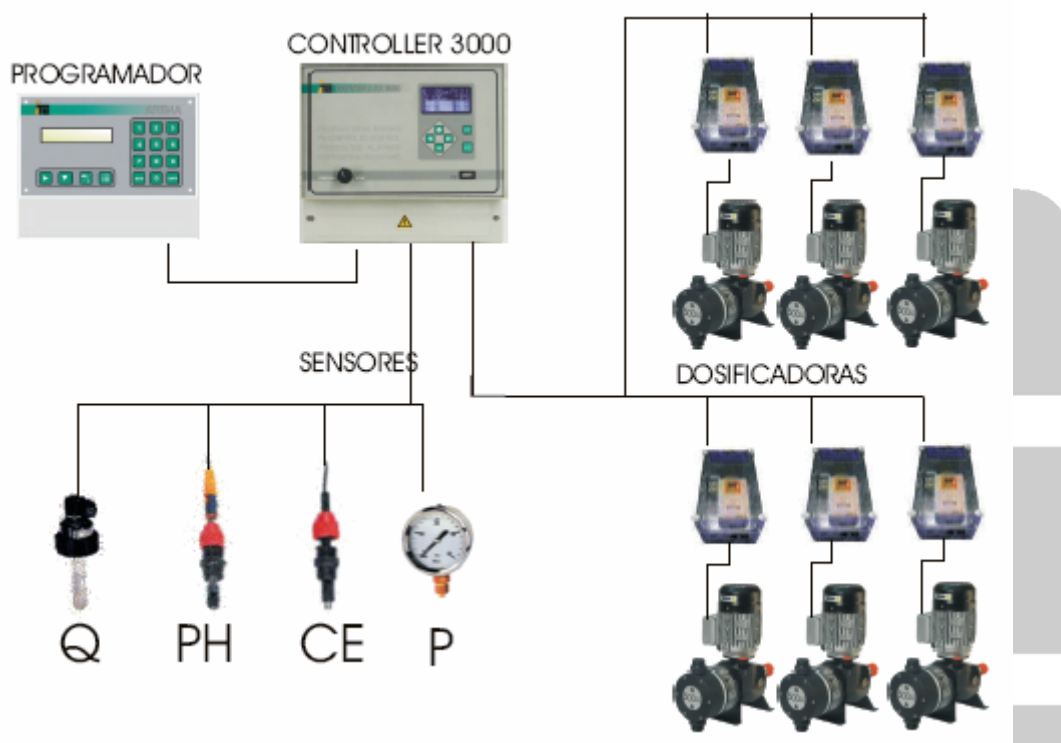
NOTA: ESTE MODELO VA A SER SUBSTITUIDO PRÓXIMAMENTE POR CONTROLLER 3000

Equipo de control de varios dosificadores a través de señales analógicas independientes: CONTROLLER 3000

CONTROLLER 3000 CP es un controlador de fertirrigación que permite controlar la dosificación de hasta 6 diferentes productos o grupos de productos a través de 6 señales analógicas independientes 4-20mA.

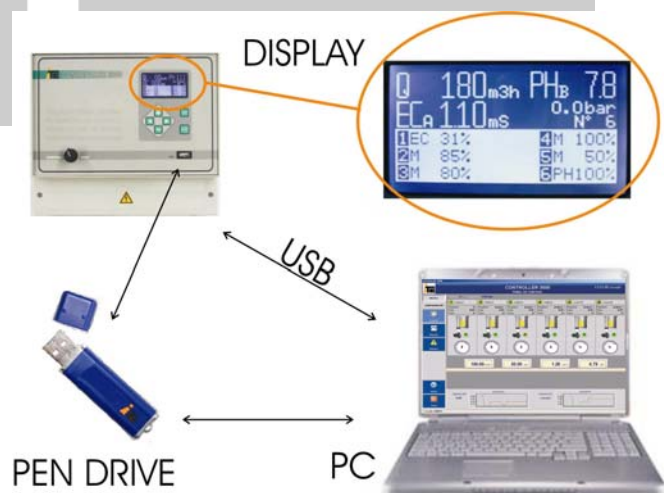
Estos productos pueden ser dosificados a través de dosificadoras independientes, de una dosificadora multicabezal con cabezales independientes dotados de servomotor y variador de frecuencia, o de una combinación de ambos.

CONTROLLER 3000 dispone de entradas procedentes de Caudalímetro, sonda de Conductividad Eléctrica, sonda de pH, sonda de presión y programador de riego.



CONTROLLER 3000 dispone de puerto USB para la comunicación directa con PC, así como para la descarga de históricos y nuevas programaciones a través de un lápiz de memoria USB.

Toda la gestión de CONTROLLER 3000 puede efectuarse a través del programa PC, permitiendo la configuración, la programación y la consulta e impresión de programas y históricos.



APLICACIONES DE FERTIRRIGACIÓN PARA COMUNIDADES DE REGANTES

Control de pH

El control del pH en el agua de riego es ya de por sí una mejora importante en la gestión nutricional de la comunidad. La mejora de la calidad del agua en este caso permite una mayor disponibilidad de nutrientes por el cultivo y una menor incidencia de inmobilizaciones, muy especialmente aquellas referentes a fósforo y hierro.

Un control efectivo de pH puede realizarse mediante la inyección de un ácido. Los ácidos más comúnmente utilizados són el nítrico (HNO_3), fosfórico (H_3PO_4) y, con menor frecuencia, sulfúrico (H_2SO_4), que pueden estar disueltos a cualquier concentración en la solución madre. La elección del cabezal debe tener en cuenta tanto el ácido a utilizar y su concentración como el caudal máximo a tratar y los puntos a ajustar en la escala. En el anexo se encuentran tablas que permiten la previsión del caudal máximo y mínimo para un ajuste de 1 o 2 puntos en la escala pH para los ácidos detallados en diversas concentraciones.

También puede establecerse de manera más real el consumo de ácido mediante la valoración de la cantidad de ácido necesaria. El cálculo puede realizarse añadiendo medidas de la disolución de ácido a utilizar en un recipiente de 5 litros del agua a utilizar, mientras se remueve constantemente, hasta que la lectura del pH se ajuste al requerido. El caudal mínimo del cabezal será de:

$$Q_N = \frac{Q_R \times V \times 1,1}{500}$$

... donde: Q_N Caudal nominal del cabezal de inyección de ácido (en L/h)
 Q_R Caudal instantáneo máximo de riego (expresado en m^3/h)
 V Volumen en ml de ácido requerido en la valoración de 5 L agua

Los collarines de las dosificadoras ITC a pistón están fabricados en Viton, material resistente a los ácidos. Puede también utilizarse los cabezales a diafragma, absolutamente estancos y con superficie en contacto con el producto en Teflon. En el caso de trabajar con productos exotérmicos, como el ácido sulfúrico, puede ser conveniente la elección de un módulo de acero inoxidable y, en el caso de trabajar con pistón, la elección del cerámico asegura una larga vida gracias a su estabilidad y resistencia a condiciones extremas de trabajo.

El control de pH puede realizarse mediante el conocimiento del mismo a través de una sonda y su corrección mediante el incremento o reducción en la inyección del ácido, bien actuando sobre la frecuencia de las inyecciones (sistemas con variador de frecuencia), bien sobre la cantidad de ácido en cada una de ellas (sistemas con servomotor). Estos procesos pueden realizarse de

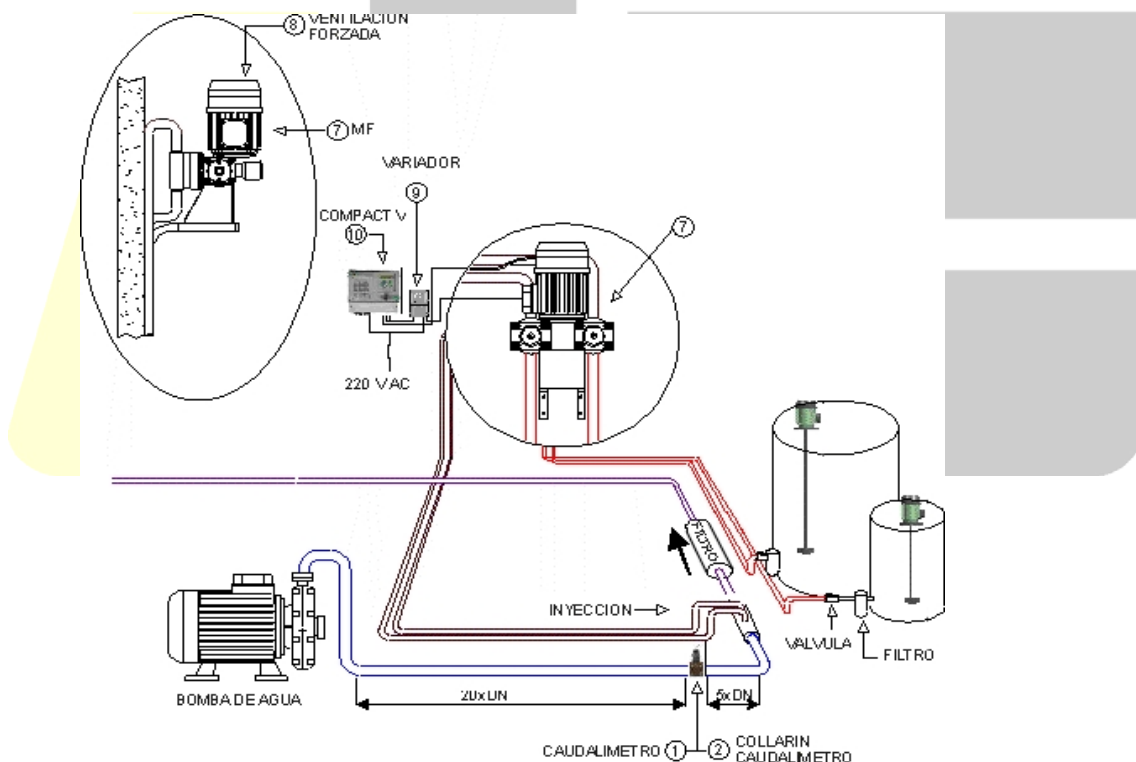
manera automatizada mediante COMPACT-V (a través de variador) o COMPACT-S (a través de servomotor). Estos controladores ajustan permanentemente la característica de la inyección corrigiendo la lectura de pH instantánea para conseguir la consigna prefijada por el usuario.

Corrección de pH mediante COMPACT-V

El equipo para el control de la acidez mediante consigna de pH a través de Compact-V consta de:

- Bomba eléctrica dosificadora Multifertic o Dostec-40
- Variador de frecuencia para bomba Multifertic
- Sonda de pH
- Controlador COMPACT-V
- Depósito para ácido (con agitador, si se desea inyectar productos solubles; sin agitador, para los ácidos que son originalmente líquidos)

El arranque de la dosificadora puede hacerse de acuerdo con una señal externa 24VAC recibida por el Controlador COMPACT-V, o bien mediante la detección de flujo en la tubería del riego, para lo cual se necesitará un caudalímetro o un detector de flujo. Debe indicarse que en caso de flujos inferiores al umbral de detección del caudalímetro (puede considerarse una velocidad mínima de 0.3 m/s) no se realizará el ajuste de pH.



Esquema de instalación de un equipo COMPACT-V

Abonado sin control de pH

La dosificación de abonado en cada uno de los riegos programados permite un abonado continuo, evitando las crecidas y descensos propios de los abonados discontinuos. Por tanto, parece evidente que la mejor opción es abonar en cada operación de riego, suministrando al cultivo todos los nutrientes necesarios para un determinado periodo (semanal, mensual...) disueltos de manera constante en los riegos programados para ese período. Ofrecemos una aproximación al cálculo de la concentración de fertilizantes según este sistema en el capítulo “Cálculo de la Fertirrigación para un período”.

Por otra parte, el abonado discontinuo, muy especialmente en campos extensos o en los que el volumen de agua contenido por la tuberías sea importante, implica los errores por sobre o infraabonado inherentes al llenado y vaciado de la tubería, error que se subsana cuando se abona permanentemente.

Al igual que los sistemas para controlar pH, nos encontramos ante muy diferentes caudales a tratar. La mejor opción es el abonado permanente proporcional.

Si vamos a abonar con un solo producto, una opción es la instalación de un equipo con una dosificadora a través de variador de frecuencia controlada por un controlador COMPACT-V conectado, al menos a un Caudalímetro y un sensor de Conductividad (ilustrado en el anterior apartado “Control de pH”).

Si vamos a abonar con dos o más productos, es más ventajosa la instalación de CONTROLLER 3000, que puede controlar el funcionamiento de hasta 6 diferentes dosificadoras. En cualquier caso, la mejor elección dependerá asimismo de la presión en el punto de inyección, como puede apreciarse en las tablas en el capítulo “Dimensionado de las dosificadoras”.

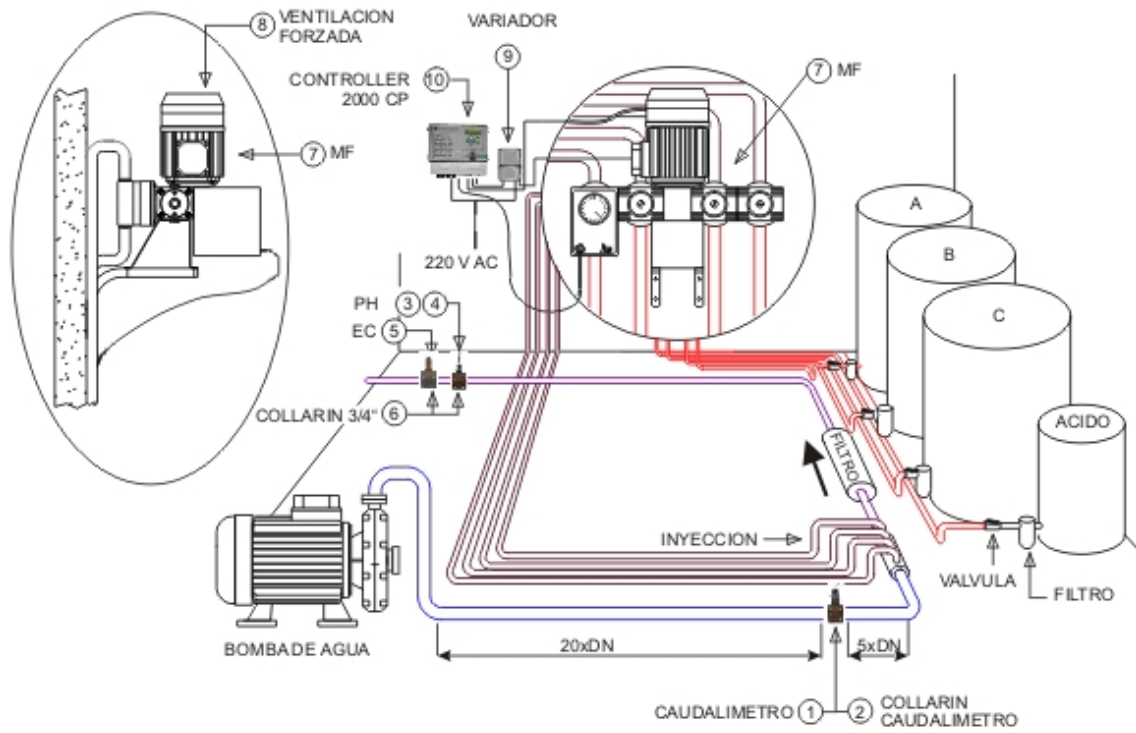
Abonado con control simultáneo de pH

La obtención de los mejores resultados en nutrición se logra mediante el control no sólo de los fertilizantes sino también, simultáneamente, del pH.

Ésto permite a los nutrientes llegar en forma asimilable hasta la planta, evitándose la pérdida económica y de eficacia que representa la inmovilización, precipitación o paso a formas no útiles para el vegetal de aquellos productos que hemos inyectado en la red. Esta pérdida puede ser especialmente importante en las comunidades de regantes, debido al importante volumen de solución que puede quedar en las redes primaria y secundaria y el tiempo de permanencia en las mismas.

El abonado proporcional y control simultáneo de pH puede realizarse, en pequeñas instalaciones (dependiendo de presión y caudales a inyectar) a través de una o varias dosificadoras MULTIFERTIC con CONTROLLER 3000 ,

actuando sobre el abonado conforme a una consigna de proporcionalidad y sobre la inyección de ácido conforme a otra de pH.



Instalación de fertirrigación mediante CONTROLLER 3000 CP actuando sobre bomba MULTIFERTIC para la inyección de 3 diferentes productos y control simultáneo de pH.

Para grandes redes resulta más ventajoso el uso de CONTROLLER 3000 sobre dosificadoras independientes a través de variadores de frecuencia independientes. Este sistema permite la dosificación de hasta seis diferentes productos de manera independiente, y, de acuerdo con un programador de riego, puede aplicar automáticamente diferentes consignas de proporcionalidad, conductividad o pH para adaptarse a diferentes especies, variedades, estadios de maduración o características del suelo.

EJEMPLO DE INSTALACIÓN PARA COMUNIDAD DE REGANTES

Dosificación de tres productos:
Complejo NPK + Producto complementario + ácido

Descripción del sistema

Sistema de dosificación simultánea proporcional al caudal instantáneo con control de Conductividad Eléctrica para dos diferentes fertilizantes y control simultáneo del pH, mediante dosificadoras eléctricas de pistón alimentadas a través de variador de frecuencia.

Elementos integrantes del sistema

1 ud. DOSIFICADORA PARA FERTILIZANTE COMPLEJO

(Producto ITC "DOSTEC-50" o "ELECTROFERTIC 2000")

Dosificadora eléctrica de pistón. Pistón en PEUAPM (Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular). Cilindro en Polipropileno. Collarines en PTE. Válvula con cuerpo en Polipropileno y bola de Vidrio. Motor trifásico 1 CV 230V 5-60 Hz dotado de ventilación adicional forzada para trabajo a bajo régimen alimentada a través de variador de frecuencia.

Caudal Nominal^(*): 500 L/H. Presión Máxima de Inyección: 11,5 bar

1 ud. DOSIFICADORA PARA MICROELEMENTOS Y PRODUCTOS COMPLEMENTARIOS

(Producto ITC "DOSTEC-40" o "MULTIFERTIC")

Dosificadora eléctrica de pistón. Pistón Cerámico. Cilindro en Polipropileno. Collarines en PTE. Válvula con cuerpo en Polipropileno y bola de Borosilicato. Motor trifásico 0,5 CV 230V 5-60 Hz dotado de ventilación adicional forzada para trabajo a bajo régimen alimentada a través de variador de frecuencia.

Caudal Nominal^(*): 200 L/H. Presión Máxima de Inyección: 11 bar
Regulación manual de la Carrera del Pistón.

1 ud. DOSIFICADORA PARA ÁCIDO

(Producto ITC "DOSTEC-40")

Dosificadora eléctrica de pistón para ácido nítrico o fosfórico. Pistón Cerámico. Cilindro en Polipropileno. Collarines en PTE. Válvula con cuerpo en Polipropileno y bola de Borosilicato. Motor trifásico 0,5 CV 230V 5-60 Hz dotado de ventilación adicional forzada para trabajo a bajo régimen alimentada a través de variador de frecuencia.

Caudal Nominal^(*): 100 L/H. Presión Máxima de Inyección: 15 bar
Regulación manual de la Carrera del Pistón.

(*) Consultar dimensionado óptimo en tablas adjuntas según caudal y presión de riego máximos.

1 ud. VARIADOR DE FRECUENCIA PARA DOSIFICADORA 1,5 CV

Variador de frecuencia 230V monofásica, para bomba dosificadora de 1 a 1,5 CV de potencia.

Aumenta o disminuye la velocidad de inyección de una bomba dosificadora

aumentando o disminuyendo la frecuencia eléctrica del motor.

Regulación a través de:

-Potenciómetro (incorporado)

-Señal externa 4/20 mA - 0/10v

Protección del motor eléctrico incorporada.

Visualización del caudal de inyección (m³/h) o de la frecuencia eléctrica

2 uds. VARIADOR DE FRECUENCIA PARA DOSIFICADORA 0,7 CV

Variador de frecuencia 230V monofásica, para bomba dosificadora hasta 0,7 CV de potencia.

Aumenta o disminuye la velocidad de inyección de una bomba dosificadora aumentando o disminuyendo la frecuencia eléctrica del motor.

Regulación a través de:

-Potenciómetro (incorporado)

-Señal externa 4/20 mA - 0/10v

Protección del motor eléctrico incorporada.

Visualización del caudal de inyección (m³/h) o de la frecuencia eléctrica

CONTROLADOR DE FERTIRRIGACIÓN PROPORCIONAL Y CONTROL CE Y PH

(Producto ITC "CONTROLLER 3000")

Dosificación de hasta 6 productos distintos al mismo tiempo con consignas independientes. Dos canales de control de activación independiente con alarmas independientes. Puede controlar cualquier combinación de dosificadoras de control analógico, dosificadoras a través de variador de frecuencia y módulos a través de servomotor.

Determinación para todas o algunas de las salidas analógicas:

a) Caudal de inyección constante

b) Caudal de inyección proporcional a una señal procedente de un caudalímetro con una proporcionalidad específica para cada salida

c) Dosificación de uno o varios productos para alcanzar y mantener un valor de Conductividad Eléctrica determinado, manteniendo la relación volumétrica que entre ellos determine el usuario, y

d) Dosificación de un producto para el control y mantenimiento de un determinado valor pH consignado por el usuario

Regulación directa de un cabezal de inyección a través de un servomotor.

Visualización luminosa de Caudal instantáneo (m³/h o GPM), Conductividad (mS), pH, Presión y programación de riego activada. Visualización del porcentaje de actuación de cada salida.

Alimentación eléctrica: 230V 40/60Hz.

Entradas:

1 Sonda pH, 1 Sonda presión, 1 Sonda Conductividad, 1 Caudalímetro

2 Señal exterior 24 VCA, 2 Señal fertirrigación 24 VCA

1 Puerto USB para carga/descarga de programas e históricos en lápiz de memoria o comunicación permanente con PC

Controlable desde PC a través de programa PC CONTROLLER 3000 (No incluido)

1 ud. CAUDALIMETRO DE INSERCIÓN

Caudalímetro. Medición de velocidad 0,3-7 m/s. 15 m cable de conexión, presión máxima 7 bar. Incluyendo adaptador para inserción a través de accesorio 1 ¼".

(disponible también con presión máxima 10 bar)

1 ud. ELECTRODO CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Electrodo de conductividad con compensación de temperatura. Electrodo de gel fabricado en epoxi. Presión máxima 10 bar. 15 m cable de conexión incluido. Portasondas incluido para inserción a través de accesorio 3/4".

1 ud. ELECTRODO PH

Electrodo de pH. Electrodo de gel fabricado en epoxi. Presión máxima: 10 bar. 15 m cable de conexión incluido. Portasondas incluido para inserción a través de accesorio 3/4".

1 ud. SENSOR DE PRESIÓN

Sensor de presión con salida analógica 4-20 mA

2 ud. VÁLVULA ANTIRRETORNO DIFUSORA CON (*) MUELLE 3/4"

Válvula antirretorno difusora en Polipropileno con bola de borosilicato (con efecto antisifón por muelle) para la difusión de fertilizante o ácido en el interior de la tubería del riego.

1 ud. VÁLVULA ANTIRRETORNO DIFUSORA CON (*) MUELLE 1 1/4"

Válvula antirretorno difusora en Polipropileno con bola de vidrio (con efecto antisifón por muelle) para la difusión de fertilizante en el interior de la tubería del riego.

CASQUILLO SOLDABLE 3/4" PARA INSERCIÓN DE ELECTRODOS

Dimensionado para permitir una completa inserción del electrodo en el interior de la tubería.

CASQUILLO SOLDABLE 1 ¼" PARA INSERCIÓN DE CAUDALÍMETRO

Dimensionado para permitir una completa inserción del electrodo en el interior de la tubería.

CASQUILLO SOLDABLE 3/4" PARA INSERCIÓN DE VÁLVULAS DE INYECCIÓN

Dimensionado para permitir una completa inserción del electrodo en el interior de la tubería.

CASQUILLO SOLDABLE 1 ¼" PARA INSERCIÓN DE VÁLVULAS DE INYECCIÓN

Dimensionado para permitir una completa inserción del electrodo en el interior de la tubería.

ACCESORIOS OPCIONALES

2 ud. VALVULA DE PURGA

Válvula de purga resistente a productos químicos. Fabricada en Polipropileno. Montada sobre válvula de impulsión 3/4" en dosificadora hasta QN 300 L/H. Permite la evacuación de aire en el circuito de aspiración y cuerpo de la bomba. Conexiones roscadas 3/4" y salida para microtubo 4 mm

3 ud. VALVULA DE ALIVIO

Válvula de seguridad. Abre una vía de retorno en caso de superar la presión nominal, evitando la sobrepresión en el circuito de impulsión de ácido o fertilizantes. Fabricada en Polipropileno. Bola en Borosilicato.

1 ud. PROGRAMA FERTIRRIGACIÓN PARA PC

Programa PC Software para CONTROLLER 3000

Visualización de parámetros: Caudal, Presión, Conductividad Eléctrica y pH.

En tiempo real y lecturas recientes (valores y tablas)

Históricos de todos los parámetros y alarmas (valores y tablas)

Consulta y modificación de consignas

Biblioteca de programas de fertirrigación





c/ Mar Adriàtic nº 1
Pol.Ind. Torre del Rector
P.O.Box, 60
08130 STA. PERPETUA DE MDA.
BARCELONA / SPAIN
Tel: 935 443 040
Fax: 935 443 161
e-mail: itc@itc.es
<http://www.itc.es>



INJECTION
TECHNICAL
CONTROL INC

7695 N. Palm Avenue, Ste. 605
Fresno CA 93711
USA
Tel: +1 559 261 4482
Fax: +1 559 261 4026
e-mail: fertic@fertic.com
<http://www.fertic.com>