

Las pastillas de Pulverización

1.) Introducción:

Las pastillas pulverizadoras son, sin lugar a dudas, la parte más importante de toda la máquina pulverizadora. El mejor equipo, el más completo o el más moderno, será absolutamente ineficaz si sus pastillas no se encuentran en buen estado o no se utilizan criteriosamente.

Las pastillas cumplen tres funciones primordiales. Ellas son:

- Determinar el caudal arrojado por hectárea (**cantidad**).
- Producir gotas de un tamaño determinado (**calidad**).
- Proporcionar una adecuada distribución del líquido en toda la superficie bajo tratamiento (**uniformidad**).

Se procurará, en este capítulo, describir las características de las pastillas más comunes existentes en el mercado de nuestro país.

2.) Patrones de distribución.

Se denomina así a la distribución característica de las gotas al salir de la pastilla.

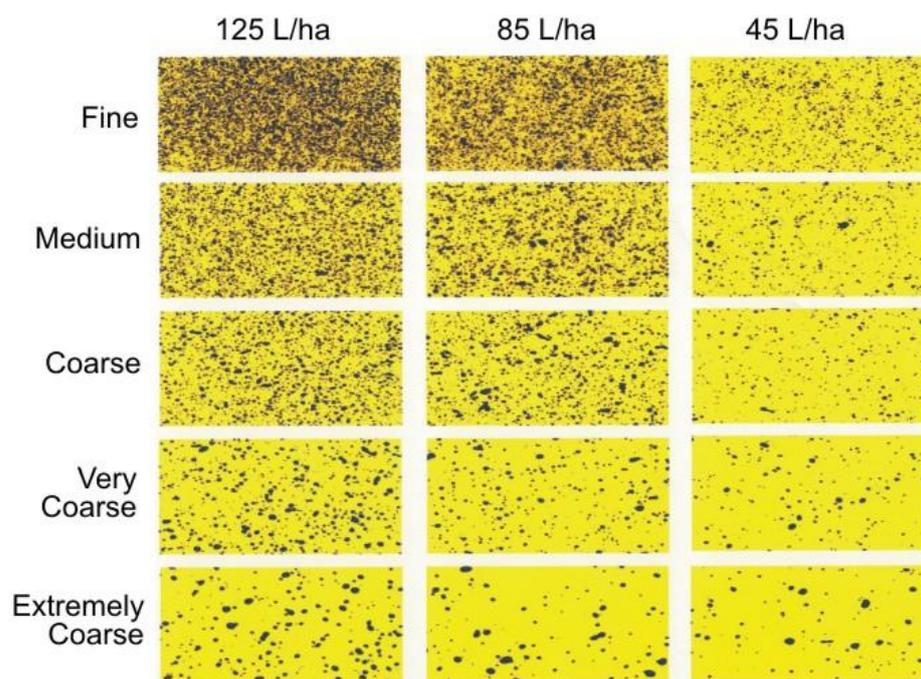


Figura 1: Patrones de distribución. Adaptado de www.ikeuchiusa.com/technical_information.html

Existen, en las pastillas agrícolas, solamente tres tipos de patrones de distribución, tal como puede verse en la figura N° 1: Cono hueco, cono lleno y abanico plano.

Dentro de estos tres tipos es la de abanico plano la que presenta mayor cantidad de pastillas diferentes y mayor rango de variación en el tamaño de las gotas producidas, fruto de los diferentes diseños y tecnologías de fabricación.

En la figura N° 2 se pueden ver tarjetas hidrosensibles obtenidas con distintos tipos de pastillas abanico plano, produciendo desde gotas finas hasta extremadamente gruesas, y a diferentes caudales.



Courtesy of Dr. Tom Wolf

Figura N° 2: Tarjetas obtenidas a partir de distintos tipos de pastillas abanico plano. Fuente: <http://sprayers 101.ca/nozzle-choice/venturi-nozzles/>

3.) Características generales de las pastillas

Las primeras pastillas de pulverización que se fabricaron fueron de bronce o de latón, que es una aleación de cobre y zinc. Pero posteriormente, con el avance de la tecnología, se fueron elaborando de diversos polímeros plásticos que, además de ser más duraderos que el bronce y el latón, son más económicos. Hoy, salvo casos muy especiales, ya no se fabrican pastillas de bronce o latón.

Sin embargo, existen otros materiales, como el acero inoxidable y la cerámica, que brindan mayor duración que los polímeros. Por lo tanto, si bien el cuerpo generalmente sigue siendo de polímeros, se fabrican pastillas que poseen insertos de estos materiales. Fabricarlas en su totalidad en acero inoxidable o cerámica sería muy costoso. Además, este último material, es muy poco resistente a los golpes y se quiebra fácilmente, por lo que el cuerpo de polímero funciona, además, como un estuche protector.

Las pastillas están identificadas normalmente mediante un código en el cual primero se indica a qué tipo de pastilla corresponde, en segunda instancia el ángulo de la pastilla, el caudal de la misma en galones por minuto y, finalmente, el material del que está construida. Por ejemplo, una pastilla TeeJet XR11003VK indica que es de rango extendido (XR), que su ángulo de pulverización es de 110 grados, que su caudal es de 0,3 galones/min., que responde al código de colores (V) y que tiene un inserto de cerámica (K).

El hecho de que casi la totalidad de las pastillas se fabriquen en polímero permitió la aparición del “código de colores para el caudal” – Norma ISO 10.625. El caudal, en este caso, es el que **corresponde a una presión de tres bares.**

Código de Color	Caudal (gal/min)
Violeta claro	0,5
Verde Oliva	0,67
Naranja	0,1
Verde	0,15
Amarillo	0,2
Violeta	0,25
Azul	0,3
Rojo	0,4
Marrón	0,5
Gris	0,6
Blanco	0,8
Negro	1

Cuadro Nº 1: Código de colores Norma ISO 10.625

Como puede apreciarse, los caudales están expresados en galones americanos por minuto. Un galón equivale a 3,78541 litros. En la práctica a campo, a fin de simplificar cálculos, se “redondea” un galón en 4 litros y, por lo tanto, cada décima de galón en 0,4 litros, más allá de las pequeñas diferencias que ello implica.

Debe tenerse en cuenta que el caudal de cada pastilla, en función de la presión de trabajo, varía de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}}$$

Ejemplo: Si una pastilla dada, a 2 bares de presión (P_1) tiene un caudal de 0,48 litros (V_1), ¿qué caudal tendrá a 4 bares de presión (P_2)?. Haciendo los cálculos correspondientes llegamos a la conclusión de que el nuevo caudal será de 0,68 litros por minuto (V_2). La misma fórmula permite calcular en cuánto se debe variar la presión para llegar a un caudal deseado.

De la fórmula surge, también, que **para duplicar el caudal, hay que multiplicar por 4 la presión**, cosa que no siempre es posible de llevar a cabo ya que las pastillas pueden salir de su rango

adecuado de trabajo, o bien afectarse, por excesiva presión a otros componentes de la pulverizadora (filtros, válvulas, picos, etc.)

La presión también tiene influencia sobre el ángulo de distribución de cada pastilla, tal como puede observarse en la figura Nº 3.

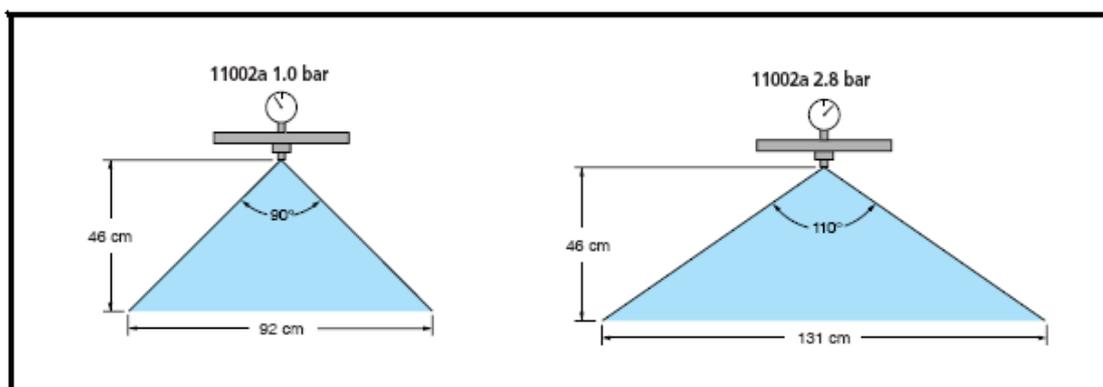


Figura Nº 3: Presión y ángulo de pulverización. Fuente: Catálogo TeeJet

Es decir que, en la medida en que la presión aumenta, también lo hace el ángulo de pulverización y viceversa. Tal como sucedía para el caudal, el ángulo indicado en la descripción de la pastilla, corresponde a una presión de trabajo de 3 bares. A mayores presiones, el ángulo aumentará y viceversa.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que todos los caudales consignados para las pastillas en los catálogos corresponden al agua, es decir a un líquido cuya densidad es igual a 1 kilogramo por litro. Cuando se usan líquidos diferentes, por ejemplo en el caso de aplicaciones de fertilizantes líquidos, con diferente densidad que el agua, se debe efectuar una corrección en el caudal. Por ejemplo, si deseamos aplicar 100 litros de UAN por hectárea (densidad 1,32), que corresponde a un factor de ajuste de 1,15 deberemos buscar en los catálogos la pastilla (y la presión) que me permita aplicar 115 litros de agua. Con ella aplicaremos solamente 100 litros de UAN.

Densidad – kg/L	Factores de conversión
0.84	0.92
0.96	0.98
1.00 – AGUA	1.00
1.08	1.04
1.20	1.10
1.28 – 28% nitrógeno	1.13
1.32	1.15
1.44	1.20
1.68	1.30

Cuadro Nº 2: Corrección por densidad. Fuente: Catálogo TeeJet

Además, se debe tener en cuenta que líquidos de mayor densidad, no solo generan menor caudal en una misma pastilla, sino que también se achica su ángulo de distribución. En la práctica ello puede significar que se deba trabajar con el botalón algo más elevado para lograr una adecuada uniformidad.

4.) Pastillas de abanico plano.

Dentro de este grupo se analizarán a las pastillas de abanico plano standard, las de rango extendido, las antideriva, las tipo turbo, las inducidas por aire, las de doble abanico plano, las tipo “espejo”, las excéntricas, como así también las combinaciones existentes entre estos tipos.

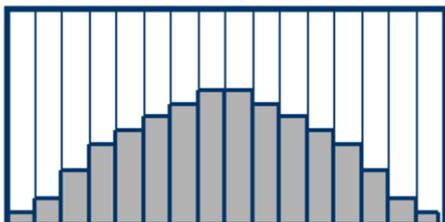


Figura Nº 4: Distribución de una pastilla abanico plano.

Las pastillas de abanico plano tienen una distribución del tipo normal, tal como puede apreciarse en la figura 3. Es decir que, para cada una de ellas se produce una mayor concentración de líquido en la parte central, disminuyendo luego en forma más o menos homogénea hacia ambos laterales. La distribución será más amplia en la medida en que se incremente el ángulo de pulverización.

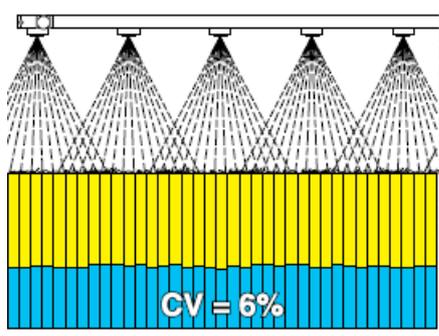


Figura 5: Correcta superposición y distribución homogénea. Catálogo TeeJet

Las pastillas deben ubicarse sobre el botalón en forma tal que, dependiendo de la altura de trabajo, haya una superposición de al menos el 30 % entre pastilla y pastilla. Esto sirve para uniformizar la distribución del líquido pulverizado, tal como puede verse en la figura Nº 5. A su vez, las pastillas deben tener un ángulo cercano al 15 % en relación a eje del botalón a fin de evitar que los abanicos planos vecinos “choquen” entre sí, produciendo fallas en la distribución.

4.1.) Pastillas de abanico plano standard.

Es una de las pastillas más antiguas dentro de las que se comercializan actualmente, y, también la más económica de todas. Se fabrica principalmente con ángulos de pulverización de 80 y 110 ° y totalmente en polímero o con insertos de acero inoxidable o de cerámica. Su rango de trabajo varía desde los 2 hasta los 4 bares y, según caudales y presiones, produce desde gotas muy finas hasta gruesas, tal como puede verse en el cuadro Nº 4. (Recordemos del capítulo anterior: VF Muy finas, F Finas, M Medio, C Gruesa, VC Muy gruesas y XC Extremadamente gruesas)

	bar				
	2	2.5	3	3.5	4
TP8001	F	F	F	F	F
TP80015	F	F	F	F	F
TP8002	M	M	F	F	F
TP8003	M	M	M	M	M
TP8004	M	M	M	M	M
TP8005	C	M	M	M	M
TP8006	C	C	C	C	C
TP8008	C	C	C	C	C
TP11001	F	F	F	VF	VF
TP110015	F	F	F	F	F
TP11002	F	F	F	F	F
TP11003	F	F	F	F	F
TP11004	M	M	M	F	F
TP11005	M	M	M	M	M
TP11006	M	M	M	M	M
TP11008	C	C	M	M	M

Cuadro 4: Pastillas abanico plano standard- Tamaño de gota en función de caudal y presión. Catálogo TeeJet.

4.2.) Pastillas de abanico plano uniforme (o “even”).

Son pastillas que se utilizan para pulverizar en bandas, es decir que no hay superposición entre pastilla y pastilla. Se usan típicamente cuando se desea aplicar solamente sobre la línea de cultivo o bien solamente en la entrelínea.

A fin de cubrir diferentes necesidades, suelen tener diferentes ángulos de pulverización. En el caso de TeeJet se elaboran con ángulos de 40°, 65°, 80°, 95° y 110°.

Como puede verse en la figura N° 5, la distribución del líquido en este tipo de pastillas es mucho más “achatada” que en las de abanico plano standard.



Figura N° 6: Distribución de una pastilla abanico plano uniforme o “even”

4.3.) Pastillas de Rango Extendido.

Si bien son muy parecidas en su aspecto a las pastillas de abanico plano standard, tienen dos características de diseño que las diferencian marcadamente:

- Su rango de trabajo varía desde 1 hasta 4 bares (Hoy algunas de ellas pueden llegar a 5 bares). Esto permitió que fuera la primera pastilla que podía duplicar su caudal aumentando la presión.
- Este rango extendido, originalmente fue pensado para poder usar a esta pastilla como “multifunción”, ya que a bajas presiones produce gotas más grandes y a presiones más altas produce gotas más pequeñas. Hoy, este criterio de multifuncionalidad debiera ser dejado de lado ya que se fabrican pastillas que se adaptan mejor a cada necesidad específica.

Se agrega, a continuación, el correspondiente cuadro N° 5 con la información sobre el tamaño de gotas para pastillas de rango extendido.

	bar						
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
XR8001	M	F	F	F	F	F	F
XR80015	M	M	F	F	F	F	F
XR8002	M	M	M	M	F	F	F
XR8003	M	M	M	M	M	M	M
XR8004	C	M	M	M	M	M	M
XR8005	C	C	C	M	M	M	M
XR8006	C	C	C	C	C	C	C
XR8008	VC	VC	C	C	C	C	C
XR11001	F	F	F	F	F	VF	VF
XR110015	F	F	F	F	F	F	F
XR11002	M	F	F	F	F	F	F
XR11003	M	M	F	F	F	F	F
XR11004	M	M	M	M	M	F	F
XR11005	C	M	M	M	M	M	M
XR11006	C	C	M	M	M	M	M
XR11008	C	C	C	C	M	M	M

Cuadro N°5: Pastillas rango extendido- Tamaño de gota en función de caudal y presión. Catálogo TeeJet.

Como se puede observar, dependiendo del caudal y de la presión, las gotas producidas pueden ir desde muy finas (VF) hasta muy gruesas (VC). Puede apreciarse también como las pastillas con ángulo de 110° producen gotas más finas que las de ángulo de 80°.

4.4.) Pastillas de Baja Deriva.

Es el primer tipo de pastilla que fue desarrollada específicamente como antiderivante. La gran diferencia existente con una pastilla estándar o una de rango extendido es la presencia de una pequeña precámara anterior al orificio de salida en la cual las gotas más pequeñas se unen entre sí, con lo cual el porcentaje de gotas derivables disminuye. El resultado es una pastilla cuyos valores de diámetros volumétricos son algo mayores.

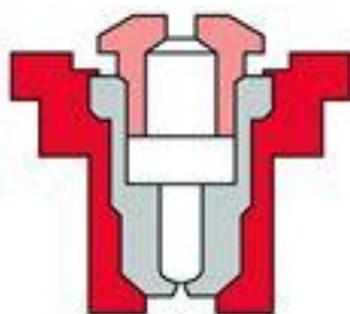


Figura Nº 7: Corte de una pastilla baja deriva

Normalmente, la tapa de la precámara mencionada es extraíble a los efectos de poder limpiar la pastilla si ello fuera necesario.

En el cuadro Nº 6 se indica el tamaño de gotas producido por este tipo de pastillas, para diferentes caudales y diferentes presiones, ya se trate de ángulos de 80 como de 110 grados.

	bar				
	2	2.5	3	3.5	4
DG80015	M	M	M	M	F
DG8002	C	M	M	M	M
DG8003	C	M	M	M	M
DG8004	C	C	M	M	M
DG8005	C	C	C	M	M
DG110015	M	F	F	F	F
DG11002	M	M	M	M	M
DG11003	C	M	M	M	M
DG11004	C	C	M	M	M
DG11005	C	C	C	M	M

Cuadro Nº 6: Pastillas antideriva - Tamaño de gota en función de caudal y presión. Catálogo TeeJet.

El rango de trabajo adecuado de estas pastillas va de 2 a 4 bares, al igual que las de abanico plano standard.

4.5.) Pastillas “tipo Turbo”.

Se las denomina así, ya que la primera en este tipo en haber sido fabricada fue la TurboTeeJet.

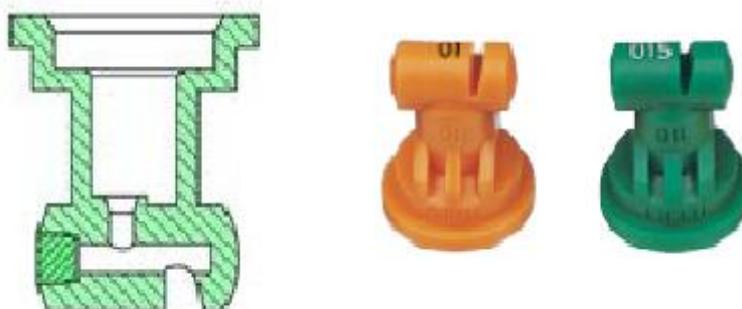


Figura N° 8: Pastillas Turbo TeeJet y su corte esquemático

Se trata de una pastilla diseñada para producir gotas mayores que las de los otros tipos descriptos hasta ahora. El diseño es, en realidad una combinación de las “Baja Deriva”, ya que posee una suerte de precámara, aunque sin tapa, y las tipo “Espejo” que veremos más adelante.

Su rango de trabajo adecuado es de 1 a 6 bares, lo que brinda una gran versatilidad en cuanto a la posibilidad de variar los caudales. Un inconveniente de estas pastillas es que, si no son cuidadas adecuadamente, son muy difíciles de destapar en caso de obturaciones. Ello implica cuidados especiales al trabajar con polvos mojables.

En el cuadro N° 7 se destacan sus características en cuanto a tamaño de gotas producidas.

	bar										
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
TT11001	C	M	M	M	F	F	F	F	F	F	F
TT110015	C	C	M	M	M	M	M	F	F	F	F
TT11002	C	C	C	M	M	M	M	M	M	M	F
TT11003	VC	C	C	C	C	M	M	M	M	M	M
TT11004	XC	VC	C	C	C	C	C	C	M	M	M
TT11005	XC	VC	VC	VC	C	C	C	C	C	M	M
TT11006	XC	VC	VC	VC	C	C	C	C	C	C	M
TT11008	XC	XC	VC	VC	C	C	C	C	C	C	M

Cuadro N° 7: Pastillas Turbo TeeJet - Tamaño de gota en función de caudal y presión. Catálogo TeeJet.

4.6.) Pastillas “Tipo Espejo”.

En este tipo de pastillas el concepto de funcionamiento es que el líquido salga del orificio calibrador en forma de un “chorro” que golpea sobre una superficie más o menos cóncava, lo que produce el efecto de distribución del líquido. De una manera algo burda se las puede comparar al efecto que se produce cuando colocamos una cucharita debajo del chorro de una canilla, lo que produce que el líquido se distribuya.

Existen muchos modelos de este tipo de pastillas. Todos ellos producen gotas de grandes a muy grandes. El cuadro N° 8 muestra el tamaño de gota para un tipo de ellas: la Turbo FloodJet de TeeJet. Como puede verse, siempre producen gotas extremadamente gruesas.

	bar				
	1	1.5	2	2.5	3
TF-2	XC	XC	XC	XC	XC
TF-2.5	XC	XC	XC	XC	XC
TF-3	XC	XC	XC	XC	XC
TF-4	XC	XC	XC	XC	XC
TF-5	XC	XC	XC	XC	XC
TF-7.5	XC	XC	XC	XC	XC
TF-10	XC	XC	XC	XC	XC

Cuadro N° 8: Pastillas Espejo- Tamaño de gota en función de caudal y presión. Catálogo TeeJet.



Figura N° 9: Diferentes modelos de pastillas tipo espejo

Otra característica de estas pastillas es que, en la medida en que la presión aumenta, también aumenta, en forma más notable que en otras pastillas, el ángulo de distribución. Por este motivo se las suele denominar “granangulares”.

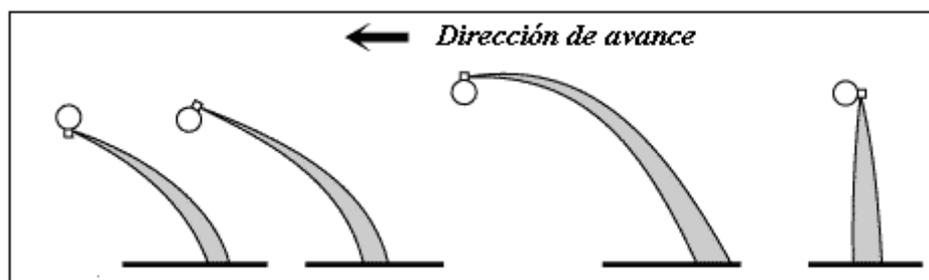


Figura N° 10: Posibles posiciones de las pastillas tipo espejo

Tal como se indica en la figura, pueden ser colocadas en diferentes formas en el botalón. Las dos primeras opciones desde la izquierda brindan un buen patrón de distribución con niveles aceptables de deriva. La tercera posibilidad presenta la mejor distribución, aunque con el mayor riesgo de deriva. Finalmente, la opción de la derecha presenta la peor distribución, con el mínimo riesgo de deriva. Esto debe evaluarse teniendo en cuenta que, como dijimos, estas pastillas producen gotas muy gruesas.

Finalmente, destacamos su bajo rango de presiones de trabajo, ya que normalmente deben ser utilizadas entre 1 y 3 bares.

4.7.) Pastillas inducidas por aire.

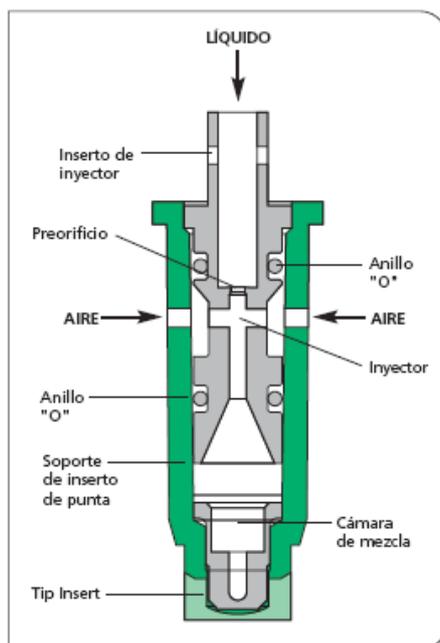


Figura Nº 11: Corte de una pastilla por aire inducido.

Como se esquematiza en la figura Nº 10, este tipo de pastillas posee un sector estrechado en el conducto por donde fluye el líquido. Ello hace que el mismo se acelere generando un vacío. Conectados a ese sector hay dos pequeños orificios que comunican con el aire exterior.

Este sistema, a través del denominado “efecto Venturi” hace que se succione aire, proceso que se hace más notable cuanto mayor sea la velocidad del líquido, o sea al aumentarse la presión. El resultado final es que las gotas producidas contienen pequeñas burbujas de aire en su interior, lo que hace aumentar su tamaño. Son pastillas concebidas para funcionar como “antiderivantes”.

Los primeros modelos de pastillas que salieron al mercado con este sistema – Turbo Drop – que pueden observarse abajo a la izquierda, eran de grandes dimensiones y muy costosas. Hoy, son sensiblemente más accesibles y sus dimensiones, en muchos casos, son similares a las de las pastillas de otros tipos (modelos de la derecha).



Figura Nº 12: Distintos tipos de pastillas por aire inducido

El tamaño de gotas producido surge del cuadro Nº 9. Puede apreciarse que las mismas van desde gruesas hasta extremadamente gruesas. Otra de sus características es el muy amplio rango de presiones de trabajo que se extiende desde los 2 hasta los 8 bares, aunque algunos modelos de última generación permiten su uso a partir de 1 bar.

	bar											
	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8
AI110015	VC	VC	VC	VC	C	C	C	C	C	C	C	C
AI11002	VC	VC	VC	VC	VC	C	C	C	C	C	C	C
AI110025	XC	VC	VC	VC	VC	VC	VC	C	C	C	C	C
AI11003	XC	XC	VC	VC	VC	VC	VC	VC	C	C	C	C
AI11004	XC	XC	VC	VC	VC	VC	VC	VC	VC	C	C	C
AI11005	XC	XC	XC	VC	VC	VC	VC	VC	VC	C	C	C
AI11006	XC	XC	XC	VC	VC	VC	VC	VC	VC	VC	C	C
AI11008	XC	XC	XC	XC	VC	VC	VC	VC	VC	VC	C	C
AI11010	XC	XC	XC	XC	VC	VC	VC	VC	VC	VC	VC	C

Cuadro Nº 9: Pastillas Inducidas por aire- Tamaño de gota en función de caudal y presión. Catálogo TeeJet.

Estas pastillas presentan, además, la característica de que, al llegar a destino e impactar, “estallan” perdiendo el aire de su interior y rompiéndose en varias gotas de distinto tamaño. De esta manera logran una cobertura sensiblemente mejor que la que hubieran logrado en caso de producirse gotas de igual tamaño pero sin las inclusiones de aire.

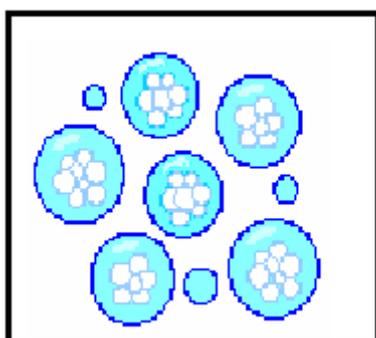


Figura Nº 13: Gotas con inclusiones de aire.

4.8.) Pastillas de Doble Abanico Plano (Twin).



Figura Nº 14: Pastillas de doble abanico y su corte esquemático

Con este tipo de pastillas se busca lograr una mayor penetración en cultivos densos, ya que al haber un doble abanico, uno delantero y otro trasero, el líquido penetra mejor por los espacios ubicados entre las hojas.

En el caso de las pastillas TeeJet de este tipo, la identificación de las mismas puede ser, por ejemplo, TJ60-8002. Esto indica que el tipo de pastilla es TwinJet (TJ), que el ángulo entre ambos abanicos es de 60°, que el ángulo de cada abanico es de 80° y que el caudal es de 0,2 galones por minuto. Debe entenderse como caudal el de los dos abanicos sumados, es decir que en este caso cada abanico es un 0,1 galones/min. Si bien normalmente el ángulo entre los dos abanicos es de 60°, los abanicos propiamente dichos, en este tipo de pastillas, pueden tener 65, 80 ó 110°

El tamaño de gota es menor que el de las pastillas equivalentes de abanico simple. Pero ello se debe solamente a que el caudal está dividido en dos abanicos y que, tal como vimos anteriormente, el tamaño de gota aumenta con el caudal para un mismo tipo de pastillas.

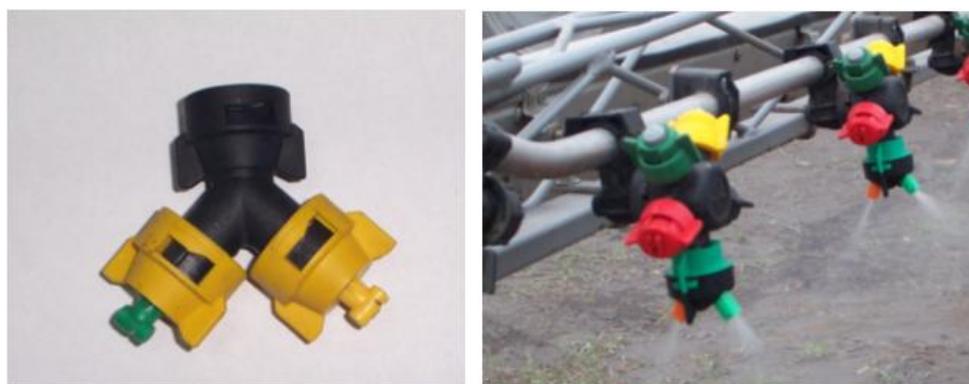


Figura 15: Dispositivo y tapas para lograr un doble abanico.

El mismo efecto de doble abanico puede lograrse con pastillas de abanico simple, ya sea mediante un dispositivo en forma de "Y griega" invertida (a la izquierda), o bien mediante los denominados "cabezales dobles" (Twin cap) de la derecha.

4.9.) Pastillas de abanico plano excéntrico.

Tienen la característica de que el abanico plano se extiende solamente hacia uno de los lados. No están muy difundidos y sus usos principales son para aplicaciones de tipo subfoliar o bien, para ser colocadas en el extremo del botalón cubriendo a las zonas laterales.



Fig 16: Pastillas excéntricas. Fuente: Pulverizaciones Agrícolas Terrestres – A. Onorato y O. Tesouro

4.10.) Otros tipos de pastillas de abanico plano.

Existen otros tipos de pastillas que, en algunos casos pueden surgir de la combinación de dos modelos diferentes. Es el caso, por ejemplo de

- a) Las Turbo TeeJet con aire inducido (TTI). Producen gotas muy gruesas, inclusive mayores que las de los modelos Aire inducido simple y Turbo TeeJet simple.
- b) Las pastillas de doble abanico plano inducido por aire. Existen varias marcas comerciales en el mercado de este diseño.
- c) Las de abanico doble pero antideriva (DGTJ), con inducción de aire.
- d) Las Turbo TeeJet de abanico doble (TTJ)
- e) Otra modalidad que de a poco viene ganando mercado es la de las pastillas que forman una única pieza con la tapa. Es el caso de las Guardian de Hypro (una especie de Turbo incluida en la tapa) o las AIC de TeeJet que son inducidas por aire.
- f) Las AIUB de TeeJet. Son inducidas por aire y de abanico plano excéntrico.

5.) Pastillas de Cono Hueco.



Figura 17: Pastilla de Cono Hueco

Este es el tipo de pastilla que produce las gotas más finas. Se utilizan, por lo tanto, cuando se requiere una excelente cobertura, como es el caso típico de aplicación de fungicidas o insecticidas de contacto.

Debe tenerse en cuenta que, así como brindan la mejor cobertura, el riesgo de deriva es sumamente alto, al extremo de que, bajo condiciones ambientales adversas, su uso puede estar seriamente condicionado. En ciertas ocasiones, inclusive, ello puede obligar a realizar los trabajos durante la noche o a las primeras horas de la mañana, es decir, con menor temperatura y mayor humedad relativa.

Dado que el objetivo de estas pastillas es la formación de gotas finas, su rango de trabajo, normalmente desde 5 a 20 bares, permite alcanzar presiones mucho más elevadas que otras pastillas. En este aspecto, la limitante es la presión máxima que puedan tolerar los otros componentes del equipo pulverizador (filtros, válvulas, cuerpos, etc.)

Este tipo de patrón de distribución puede lograrse, también, mediante el uso combinado de discos dosificadores y núcleos de turbulencia.



Figura 18: Diferentes tipos de núcleos de turbulencia y disco dosificador

El núcleo de turbulencia posee unas ranuras laterales que hacen que el líquido de pulverización adquiera un movimiento rotativo. Estos núcleos, según el modelo, pueden tener de una a cuatro ranuras. Posteriormente, el disco simplemente dosifica el caudal.

Una ventaja del uso de disco y núcleo es que las diferentes combinaciones entre disco, núcleo y presión, permiten manejar mayor cantidad de caudales alternativos. La gran desventaja es que su instalación en el cuerpo de pulverización es sensiblemente más engorrosa.

Las pastillas de cono hueco funcionan, en realidad, sobre la base del mismo mecanismo. En este caso el núcleo tiene un diseño diferente, ya que el líquido ingresa por la parte central y superior de una pieza con forma aproximada de cilindro invertido, y sale mediante unos pequeños conductos laterales, con lo que se origina el movimiento rotativo.

6.) Pastillas de cono lleno.

Se trata de pastillas que producen gotas gruesas a muy gruesas. Trabajan normalmente a bajas presiones, de 1 a 3 bares.

Dado su amplio ángulo de pulverización las pastillas se pueden colocar a mayor distancia sobre el botalón (hasta 100 ó 110 cm), colocando el botalón a mayor altura.

Además, existe otra posibilidad de conseguir un patrón de distribución de cono lleno, utilizando la combinación de ciertos núcleos de turbulencia (Caso TeeJet DC31-33-35 y 56) con el disco dosificador, en este caso con gotas pequeñas.



Figura Nº 19: Pastillas cono lleno

7.) Los diferentes materiales de las pastillas y su desgaste.

Una de las preguntas más frecuentes que hacen a los especialistas en pulverizaciones es cada cuánto tiempo deben renovarse las pastillas. Lamentablemente es imposible dar una respuesta directa a esta pregunta.

Quizás una primera aproximación a esta inquietud sería decir que **“toda pastilla que tiene un caudal mayor en un 10 % a lo que corresponde a esa misma pastilla nueva, debe ser reemplazada”**. Esto es casi un axioma en pulverizaciones.

El tiempo que demande en llegar a ese 10% en exceso dependerá del material de la pastilla, de los plaguicidas aplicados y su abrasividad y de las presiones de trabajo.

Tal como mencionáramos en el punto 3 de este capítulo, si bien todos los cuerpos de las pastillas, por una cuestión de costo, son de polímero, algunas de ellas tienen insertos de acero inoxidable o de cerámica en el orificio de salida. Esto les brinda mayor durabilidad. Las pastillas de bronce, dado su alto precio y rápido desgaste, prácticamente han dejado de usarse en nuestro país, salvo el caso de algunos tipos de pastillas muy puntuales.

Una conocida marca de pastillas tiene los siguientes precios para las pastillas de abanico plano, en la fecha en que esto se escribe.

Polímero.	U\$S 1,00.-
Con inserto de bronce.	U\$S 4,50.-
Con inserto de acero inoxidable	U\$S 6,00.-
Con inserto de cerámica.	U\$S 6,90.-

Cuadro Nº 10: Costo comparativo de pastillas de diferentes materiales.

Teniendo en cuenta estos valores, es interesante complementarlos con un ensayo de desgaste de pastillas realizado en el Instituto de Ingeniería Rural del INTA de Castelar.

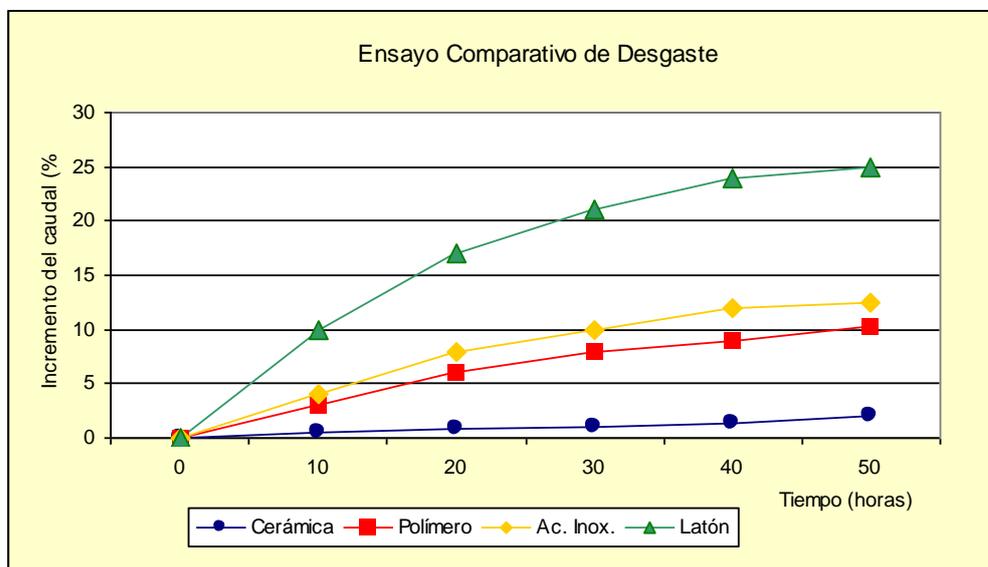


Gráfico Nº 1: Desgaste comparativo de materiales.

El ensayo se llevó a cabo a 3 bares de presión y utilizando una suspensión abrasiva cuantificando el desgaste en función del incremento del caudal de la pastilla.

Como puede observarse, la mayor resistencia a la abrasión correspondió a la cerámica, que a las 50 horas de trabajo solamente habían incrementado su caudal en un 2 % aproximadamente. Como contrapartida la pastilla de bronce presentaba el mayor desgaste. Entre el acero inoxidable y el polímero había muy poca diferencia en el desgaste (considérese la diferencia en los precios entre ambos materiales).

Como conclusión podemos afirmar que, a largo plazo, las pastillas de cerámica, dada su larga vida útil, son las más económicas, en tanto que las de bronce son las más caras.

No obstante ello, debe tenerse en cuenta que la cerámica es un material sumamente quebradizo y que se rompe con facilidad en caso de caídas o de limpiezas inadecuadas de las pastillas, lo que obliga a extremar los cuidados. Es relativamente frecuente, también, que se quiebren al congelarse el líquido contenido en su interior en días de muy baja temperatura. En este sentido, tanto los polímeros como el acero inoxidable son materiales más nobles.

La figura N° 18 muestra los efectos que pastillas con el orificio desgastado o dañado tienen sobre la distribución de las pulverizaciones, no ya solamente en cuanto a la variación del caudal. En muchos casos, los defectos en la distribución por el uso de pastillas gastadas o dañadas son fácilmente perceptibles a simple vista.

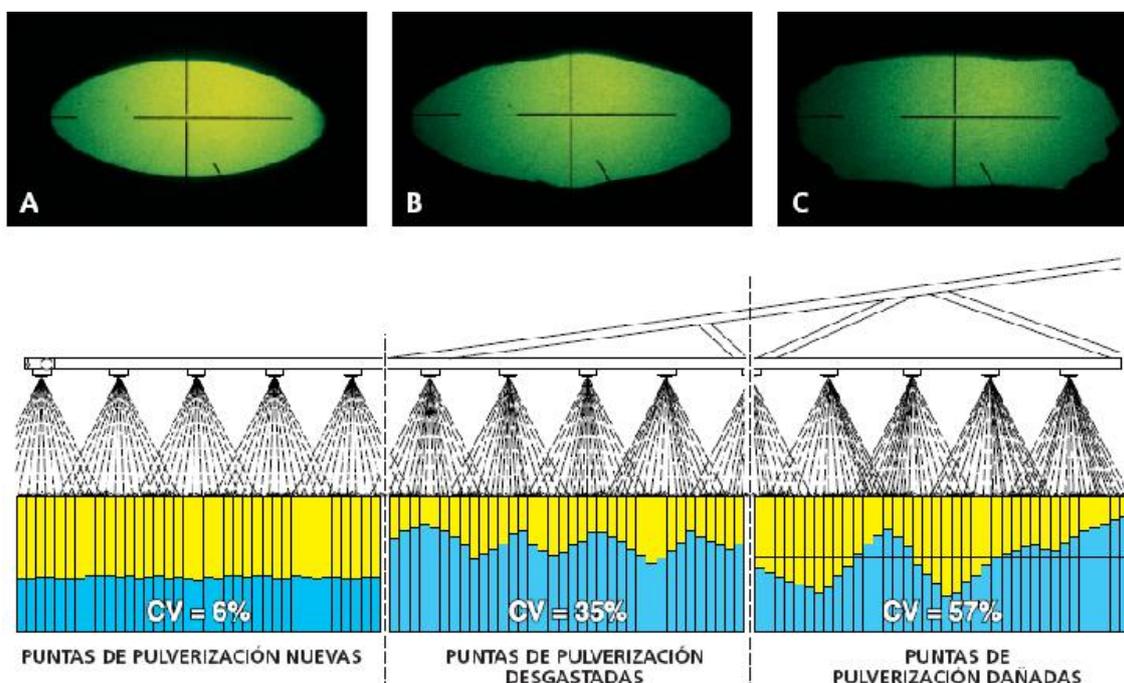


Figura N° 20: Orificios de la pastilla nuevos, gastados y dañados y su efecto sobre la distribución. Catálogo TeeJet

8.) La Calibración de la Pulverizadora.

En este punto nos limitaremos a la regulación de los equipos sin controladora de pulverización, dado que en el capítulo referido a componentes de la máquina, este punto ya ha sido analizado.

Toda la calibración parte de la denominada **“Fórmula Básica para Calibración de Pulverizadoras”**.

$$\text{VOLUMEN DE APLICACIÓN (L/ha)} = \frac{\text{CAUDAL DE UN PICO (L/min)} \times 600}{\text{VELOCIDAD (km/h)} \times \text{ESPACIAMIENTO ENTRE PICOS (m)}}$$

Obviamente, mediante un simple pasaje de términos, podemos obtener la fórmula que nos permite calcular el caudal de un pico.

$$\text{CAUDAL DE UN PICO (L/min)} = \frac{\text{VOLUMEN DE APLICACIÓN (L/ha)} \times \text{ESPACIAMIENTO ENTRE PICOS (m)} \times \text{VELOCIDAD (km/h)}}{600}$$

Es muy importante que en esta fórmula, se respeten las unidades de cada uno de los componentes.

Normalmente, el volumen de aplicación (litros por hectárea) es un dato conocido, ya sea por recomendación del fabricante del agroquímico o por experiencia previa del aplicador.

La distancia entre picos es un dato constante para cada pulverizadora, salvo que, para determinadas aplicaciones se decida utilizar pico de por medio. La distancia más frecuente en las pulverizadoras nacionales es de 0,35 m entre picos. Pero, en algunos casos, se disponen de bajadas para fertilizantes cada 0,50 m ó 0,52 m.

En cuanto a la velocidad, normalmente se dispone de un velocímetro que la mide. De no ser así, dado que:

$$\text{Vel} = \frac{E}{T}$$

la misma puede ser calculada midiendo el tiempo que se tarda en recorrer una distancia determinada. La siguiente tabla, también, puede ser utilizada para definir a la velocidad en kilómetros por hora.

Velocidad en km/h	Tiempo requerido en SEGUNDOS para recorrer una distancia de:			
	30 m	60 m	90 m	120 m
5	22	43	65	86
6	18	36	54	72
7	15	31	46	62
8	14	27	41	54
9	—	24	36	48
10	—	22	32	43
11	—	20	29	39
12	—	18	27	36
13	—	17	25	33
14	—	15	23	31
16	—	14	20	27
18	—	—	18	24
20	—	—	16	22
25	—	—	13	17
30	—	—	—	14
35	—	—	—	12
40	—	—	—	11

Cuadro N° 11: Cálculo de la velocidad. Fuente: Catálogo TeeJet

Con todos los datos conocidos y usando la Fórmula Básica, calculamos el **caudal** de la pastilla que necesitamos. Definido este dato y, teniendo en cuenta el tipo de gota que necesitamos producir según el tipo de tratamiento (muy fina, fina, media, gruesa, muy gruesa, excesivamente gruesa), ya podremos definir el **tipo de la pastilla** a utilizar.

Si la pastilla elegida no produce exactamente el caudal requerido, podemos llegar al mismo utilizando la fórmula de ajuste del caudal por variación de la presión.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}}$$

Donde V_1 es el caudal que figura en Catálogo, P_1 es la presión de Catálogo para ese caudal y V_2 es el caudal por pastilla al que necesitamos llegar según surge del cálculo que realizamos al aplicar la Fórmula Básica.

Ejemplo: Queremos aplicar glifosato con un caudal de 60 litros por hectárea. Para ello aplicaremos a una velocidad de 16 km por hora. Nuestros picos se encuentran a 35 cm de distancia.

$$\text{Caudal de un pico (l/min)} = \frac{60 \text{ l/ha} \times 16 \text{ km/h} \times 0,35}{600} = 0,56 \text{ l/min.}$$

Dado que quiero aplicar gotas gruesas decido usar una pastilla tipo Turbo. Consulto el Catálogo del Fabricante y se me presentan las siguientes opciones:

Pastilla	Presión	Caudal (l/min)
TT11001	6 bares	0,55
TT110015	2 bares	0,48
TT110015	3 bares	0,59
TT11002	1 bar	0,46

Cuadro Nº 12: Opciones de caudal y presión según catálogo.

Dado que quiero lograr gotas gruesas, decido utilizar la pastilla de mayor caudal, que además utiliza la menor presión. Pero debo ajustar el caudal en función de la presión:

Volumen 1 = 0,46

Presión 1 = 1 bar

Volumen 2 = 0,56 litros/minuto (es lo que calculé por Fórmula Básica)

Presión 2 = 1,48 bares.

O sea que, de acuerdo con los criterios utilizados, usaré pastillas TT11002 a 1,48 bares.

Para aplicaciones en banda:

El criterio es casi el mismo. Es decir que se parte de la fórmula básica. Pero la distancia entre pastillas será reemplazada por un valor que llamaremos "W".

- a) Cuando se utiliza una sola pastilla por banda: $W = \text{ancho de la banda (en metros)}$.
- b) Cuando se utiliza más de una pastilla por banda: $W = \text{distancia entre bandas (metros) dividido por el número de pastillas por banda}$.

Para el resto de los pasos se siguen exactamente los mismos criterios.