

Desarrollo de una Aplicación Móvil para Cálculos de Pulverizaciones Agrícolas

Gabriel M. Eggly¹, Matías J. Micheletto¹, Juan P. D'Amico²,
Santiago J. Crocioni².

¹ Dep. de Ingeniería Eléctrica y Computadoras
III E Universidad Nacional del Sur - CONICET

² Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi - INTA

Resumen Este trabajo consiste en el desarrollo una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android que permite calcular los principales parámetros de operación de pulverizadoras terrestres de botalón, realizar la verificación estática de los picos y obtener un diagnóstico rápido del estado de los mismos.

Keywords: Aplicaciones móviles, Android, pulverización agrícola, agricultura de precisión.

1. Introducción

La aplicación de agroquímicos destinada a la protección de los cultivos es una labor crítica ya que implica el manejo y liberación de productos con cierta toxicidad al ambiente. A nivel global, existe un cuestionamiento creciente por el impacto ambiental que tienen estas prácticas, que se traduce en barreras comerciales y mayor control sobre los estándares de producción.

Existe una gran brecha entre las prácticas de aplicación de agroquímicos usualmente llevadas adelante y las practicas correctas, también denominadas buenas prácticas agrícolas. Las acciones que contribuyan a difundir y factibilizar la ejecución de las buenas prácticas agrícolas propenderán a cerrar esa brecha, reduciendo el impacto ambiental de la actividad [1]. En este marco, resulta estratégico el desarrollo de herramientas basadas en la disponibilidad tecnológica que brindan los dispositivos móviles, masivamente distribuidos en la población objetivo [2, 3].

La labor de pulverización agrícola requiere la realización previa de diferentes procedimientos, de los cuales, los de mayor relevancia son la calibración del equipo, la verificación del funcionamiento del mismo y el cálculo de las mezclas.

La calibración del equipo debe realizarse para identificar el punto de operación de los cinco parámetros de aplicación: distancia entre picos, capacidad del pico, velocidad de avance, presión de trabajo y el volumen pulverizado.

La distancia entre picos depende del diseño del botalón de la máquina y no ofrece mayores posibilidades de modificación. Las máquinas están equipadas con porta-picos a 0,35 m. ó 0,52 m. La primera alternativa ofrece la posibilidad de

anular eventualmente un porta-pico por medio, para lograr un distanciamiento de 0,70 m. que es el otro distanciamiento que usualmente se emplea.

La capacidad del pico se relaciona con el caudal que puede erogarse a una determinada presión. La modificación de este parámetro requiere el reemplazo de los picos por otros de capacidad diferente.

La velocidad de trabajo está limitada por el tipo de cultivo, el estado del terreno y el escalonamiento de marchas del tractor (en equipos de arrastre o montados).

La presión de trabajo puede modificarse de manera continua dentro del rango de operación de los picos. Su valor influye en el caudal del pico.

Finalmente, el volumen pulverizado por unidad de superficie es el resultado de la interacción de los cuatro parámetros anteriores. Puede modificarse a partir de la variación de al menos uno de los parámetros anteriores.

En los equipos que no cuentan con regulación automática de estos parámetros, el operario debe realizar los cálculos manualmente. En los equipos con sistemas de regulación, los cálculos se realizan con cierta periodicidad para comprobar el funcionamiento del sistema. En ambos casos también se realizan para simular condiciones de operación, al momento de tomar decisiones sobre cambios en estos parámetros.

Los picos de pulverización cuentan con un orificio calibrado que permite el flujo de un determinado caudal de líquido al tiempo que lo pulverizan dando una población de gotas. Esto define el espectro de pulverización.

Existe una normalización de los picos en cuanto al caudal que erogan a una presión nominal de 3 bares [4]. De acuerdo a esta norma, la identificación de los picos queda definida por un color y el valor de este caudal nominal es expresado en galones por minuto.

Es necesario verificar que los picos entreguen el caudal correspondiente con cierta regularidad dependiendo de las horas de trabajo realizadas. Es de destacar que la normalidad en el caudal erogado por el pico tiene una alta correlación con el espectro de pulverización y puede tomarse como un indicador indirecto de la ocurrencia de anomalías sobre este aspecto. Para ello se realiza la medición del volumen de líquido descargado por cada pico en un determinado tiempo, mediante el uso de un recipiente graduado. Una vez realizada esta operación se calcula el caudal y se compara con el que debería entregar. Diferencias mayores al 10 % respecto de este valor indica cierta anomalía que se debe atender.

En el tanque de la máquina se debe incorporar el agua y los productos que van a componer el caldo de pulverización. Las cantidades de cada componente están en relación con la capacidad del tanque de la máquina, la superficie a tratar, el volumen pulverizado por hectárea y la dosis de cada producto. Es preciso incorporar las cantidades para mantener la dosis prescrita y evitar los sobrantes de caldo que luego deben ser descartados.

En condiciones de campo, la ejecución de estos procedimientos resulta compleja, la falta de herramientas informáticas que permitan realizar los cálculos y gestionar la información correspondiente demanda una ardua tarea que atenta contra la precisión de los cálculos y la fidelidad de los registros.

2. Criterios y cálculos de desarrollo

El objetivo de este trabajo es desarrollar una herramienta que, en condiciones de campo, permita resolver los cálculos involucrados en los procedimientos y gestionar la información emergente de ellos. Para el desarrollo se establecieron las siguientes premisas:

- El uso de la aplicación implica el seguimiento de un protocolo de trabajo, definido implícitamente por la estructuración del entorno del usuario, y el flujo de datos.
- El entorno del usuario queda definido por una pantalla por cada herramienta de cálculo.
- El diseño permite una operación intuitiva de la aplicación.
- La transcripción de datos se realiza de manera automática entre las herramientas de cálculo, restringiendo la carga manual de información a lo estrictamente necesario.
- La funcionalidad de la aplicación y sus principales herramientas de cálculo precinden de conectividad.
- La información generada puede guardarse y compartirse por diferentes medios en función de la disponibilidad de conectividad.

El desarrollo de los cálculos y el diseño de la estructura de la aplicación se realizaron en base a los procedimientos recomendados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [5, 6]. La programación se realizó utilizando el asistente de desarrollo Android Studio [7].

3. Parámetros de aplicación

Considerando que, una vez realizado el alistamiento del equipo, la distancia entre picos y la capacidad del pico son parámetros fijos, sus valores constituyen datos de entrada. Con estos, la herramienta permite calcular el punto de trabajo ingresando dos cualesquiera de los tres parámetros, Q , V o P de la ecuación 1 y determinando la variable restante por medio del despeje correspondiente.

$$Q[L/ha] = \frac{\sqrt{P[bar]} \cdot k}{V[Km/h] \cdot d[m]}, \quad (1)$$

donde Q es el volumen de pulverizado expresado en L/ha., P es la presión de trabajo, V la velocidad de avance de la maquinaria en Km/h, d es la separación entre picos en metros y la constante k depende de los valores nominales del pico, tal como se describe en la siguiente ecuación,

$$k = \frac{600 \cdot q_{nom}[L/min]}{\sqrt{P_{nom}[bar]}}, \quad (2)$$

donde q_{nom} , indicado en L/min y P_{nom} expresado en bares, son el caudal y presión nominales del pico respectivamente.

Inicialmente el usuario ingresa el valor de la distancia entre picos, para lo cual cuenta con tres opciones de valores estándar. En caso de necesitar ingresar un valor diferente, se provee una cuarta opción para acceder a un campo de datos y establecer esta variable.

Luego se requiere seleccionar el caudal de pico de una lista desplegable con la codificación de colores normalizada. Si el tipo de pico utilizado no se ajusta a la norma, se puede ingresar los valores de presión y caudal nominal provistos por el fabricante.

Por último, el usuario debe completar los valores conocidos de velocidad de avance, presión de trabajo o volumen pulverizado. Oprimiendo el botón correspondiente a la incógnita se ejecuta el cálculo de dicha variable.

3.1. Herramienta complementaria: calculador de velocidad

Si la velocidad de avance es desconocida pero necesaria como dato de entrada para el cálculo de los otros dos parámetros, se cuenta con una herramienta complementaria para poder determinarla en base a la medición del tiempo insumido para recorrer una distancia conocida. El menú permite ingresar el valor de la distancia que va a recorrer y cronometrar el tiempo insumido. Luego de que el usuario detenga el cronómetro, se realiza el cálculo de la velocidad. Es posible realizar la determinación en tres repeticiones y el promedio de los valores calculados es exportado de manera automática al campo correspondiente de parámetros de aplicación. En la captura de pantalla a la izquierda de la Fig. 1 se muestra el contenido de la actividad descrita en esta sección.

4. Verificación de picos

En base los parámetros de aplicación establecidos previamente, esta herramienta calcula el caudal del pico q de acuerdo a la ecuación 3.

$$q[L/min] = \sqrt{\frac{P[bar]}{P_{nom}[bar]}} \cdot q_{nom}[L/min]. \quad (3)$$

Además se permite ingresar la cantidad de picos que van a ser verificados y cronometrar el tiempo de muestreo t , para lo cual se cuenta con un cronómetro que funciona como temporizador de cuenta regresiva y permite fijar el valor de t en 30, 60 ó 90 segundos. Cuando el temporizador finaliza se emite una alerta sonora, para que el usuario interrumpa el muestreo retirando el recipiente de la zona de aspersión. Ingresando el valor del volumen recolectado V_r , la aplicación calcula el caudal del pico q_p de acuerdo a la ecuación 4.

$$q_p[L/min] = \frac{V_r[L]}{t[seg]} \cdot 60. \quad (4)$$

Simultáneamente calcula el porcentaje de desvío que el valor de q_p tiene respecto a q . En caso de que este valor se ubique por encima o debajo del 10 %, se muestra una alerta sonora.



Fig. 1: Capturas de pantalla de las principales herramientas.

la fila de la tabla correspondiente a esa medición se marca con una cruz para indicar que es conveniente atender tal anomalía.

La herramienta genera una tabla de resultados. Para cada pico, la tabla contiene una línea de datos con la siguiente información: número de pico, caudal del pico, desvío porcentual y un símbolo indicador del resultado de la verificación.

La imagen central de la Fig. 1 muestra una captura de pantalla de la actividad de la aplicación que permite realizar la verificación de los picos.

5. Calculadora de mezclas

5.1. Cantidad de cargas

En base los parámetros de aplicación establecidos previamente, esta utilidad toma como valor de entrada el volumen pulverizado Q . Ingresando la superficie a tratar S y la capacidad del tanque de la máquina T , se calcula el número de cargas N_c completas y el volumen de la fracción de carga V_f , que representa el remanente luego de restar las cargas completas, de acuerdo a las ecuaciones 5 y 6 respectivamente.

$$N_c = \left\lfloor \frac{S[ha] \cdot Q[L/ha]}{T[L]} \right\rfloor, \quad (5)$$

$$V_f[L] = \left(\frac{S[ha] \cdot Q[L/ha]}{T[L]} - N_c \right) \cdot T[L]. \quad (6)$$

En caso de que el valor de V_f resultante sea menor al 20 % de T , la herramienta emite un mensaje sugiriendo la conveniencia de equilibrar los volúmenes de carga, reduciendo el valor de T .

5.2. Cantidad de producto

Partiendo de los cálculos anteriores y tomando como datos de entrada los valores de Q , T y la dosis deseada V_d , la herramienta determina la cantidad de producto C_{pp} para cada carga completa y para la fracción de carga. Es posible especificar la dosis eligiendo alguna de las cuatro unidades que usualmente se emplean: mL/Ha, gr/Ha, mL/100L y gr/100L. Para dosis expresadas en mL/Ha o gr/Ha, la cantidad de producto por carga está determinada por la ecuación 7.

$$C_{pp} = \frac{T[L]}{Q[L/Ha]} V_d[mL/Ha \text{ ó } gr/Ha]. \quad (7)$$

En cambio, para dosis expresadas en mL/100L o gr/100L la cantidad de producto por carga viene determinado por la ecuación 8.

$$C_{pp} = \frac{T[L]}{100[L]} V_d[mL/100L \text{ ó } gr/100L]. \quad (8)$$

Luego, la sumatoria de estas cantidades, afectadas por el número de cargas arrojará el total de cada producto.

La herramienta genera una tabla de resultados. Para cada producto, la tabla contiene una línea de datos con el nombre del producto, la cantidad para cada carga completa, para la fracción de carga y la cantidad total. La captura de pantalla a la derecha de la Fig. 1 muestra, a modo de ejemplo, el menú descripto con los datos ingresados por el usuario.

6. Reportes

La aplicación genera dos reportes independientes. El primero compila los parámetros de aplicación y la tabla correspondiente a la verificación de picos. El segundo reporta el cálculo de mezcla con cantidades totales y parciales de insumos. Ambos cuentan con una versión resumida para compartir como mensaje de texto vía WhatsApp, y otra versión completa en formato PDF que puede almacenarse en la memoria del dispositivo y compartirse como archivo adjunto por e-mail o redes sociales.

En la Fig. 2 se muestra en las imágenes izquierda y central, las capturas de pantalla de la gestión de cada reporte y a la derecha, el menú con la lista de reportes almacenados en el dispositivo.

7. Conclusión

Entre las principales ventajas que emergen del uso de este desarrollo, vale mencionar que la estructura y flujo de información establecidos, generan una



Fig. 2: Capturas de pantalla sobre gestión de reportes.

protocolización de cada procedimiento ordenando, en cierta medida, los pasos a seguir por el usuario.

Por otro lado, la informatización de los cálculos libera al operario de la responsabilidad de realizarlos en forma manual, reduciendo sensiblemente la posibilidad de errores. Además, la concentración de todas las utilidades en el dispositivo móvil reduce la cantidad de elementos necesarios para realizar los diferentes procedimientos.

La capacidad de almacenar y compartir la información garantiza la fiabilidad de los datos registrados y permite la interacción entre los diferentes actores involucrados en el proceso, es decir, profesionales, productores, operarios, entre otros.

La aplicación, denominada Criollo, tiene una gran difusión en el medio. En los primeros 6 meses, registró más de 3.000 descargas entre las dos versiones publicadas y, de acuerdo a la valoración de los usuarios, cuenta con una puntuación superior al 90 % en la tienda de aplicaciones Google Play [8].

Referencias

1. Izquierdo, J.; Rodríguez Fazzzone, M. 2006. *Buenas prácticas agrícolas: En busca de la sostenibilidad, competitividad y seguridad alimentaria*. Resultados de la conferencia electrónica regional sobre buenas prácticas agrícolas. Oficina regional FAO para América Latina y el Caribe. ISBN 92-5-305576-6.
2. Suarez, S. A.; Suarez, A.M. 2013. *The impact of mobile phone apps in the agricultural production*. DAAAM International Scientific Book. 35: 629-636.

3. González Tena, P.A.; Medel, R. R.; Sangerman-Jarquín, D.M.; Cruz Castillo, J.G.; Díaz, J. 2015. *Extensionismo agrícola en el uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en Chiapas y Oaxaca*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.6 Núm.1: 175-186.
4. International Organization for Standardization. 2005. ISO 10625 Equipment for crop protection — Sprayer nozzles — Colour coding for identification.
5. Onorato Agustín, Tesouro Mario O., *Pulverizaciones Agrícolas Terrestres* 1ra Ed., Inst. Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA 2006.
6. Leiva, P. D. 2009. *Protocolo de calibración del equipo pulverizador terrestre*. Ficha Técnica. INTA Ediciones. [en-línea] <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/09/pe-protocolo-de-calibracion-de-equipo-pulverizador-terr-08.pdf>.
7. Android Studio, [en-línea] <https://developer.android.com/studio>.
8. Criollo INTA. [en-línea] <http://play.google.com/store/apps/details?id=com.inta.criollo2>.