

## Monitor de Rendimiento y Conocimientos de Calibración

*Autores: Ing. Agr. MSc. Mario Bragachini,  
Ing. Agr. Andrés Méndez.  
Ing. Agr. Fernando Scaramuzza  
Proyecto Agricultura de Precisión - INTA Manfredi*

### Monitor de rendimiento

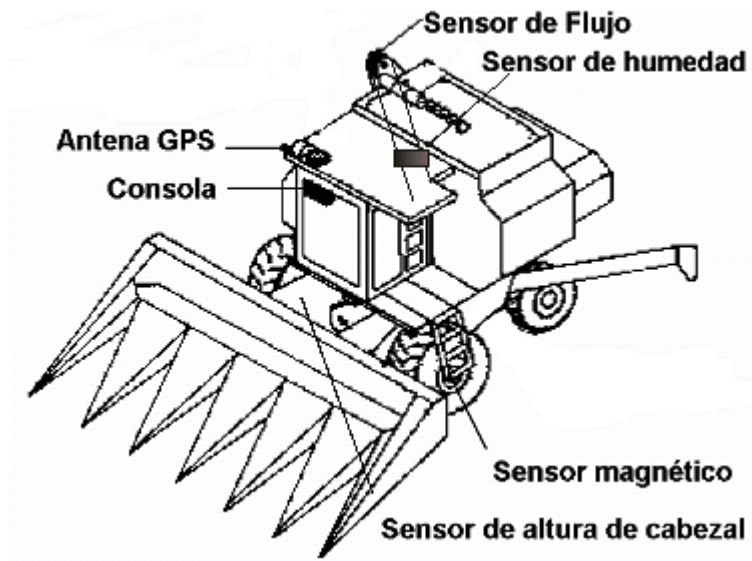
El monitor de rendimiento para poder calcular el rendimiento debe poseer una serie de sensores que van instalados en la cosechadora, y su objetivo es medir y grabar el rendimiento y la humedad del grano a medida que se cosecha el cultivo. Si a su vez se le adiciona un GPS podemos obtener los datos de rendimiento geoposicionados o lo que llamamos **mapa de rendimiento**.

Los datos necesarios para el cálculo del rendimiento son:

1. Flujo de grano por unidad de tiempo.
2. Humedad del grano.
3. Velocidad de avance de la cosechadora.
4. Ancho de corte del cabezal.
5. Señal GPS si queremos obtener la georeferenciación de los datos para hacer el mapa de rendimiento.

### Componentes necesarios en la cosechadora para obtener mapas de rendimiento.

1. Sensor de flujo de grano.
2. Sensor de humedad de grano.
3. Sensor de velocidad de avance.
4. Switch de posición del cabezal.
5. Consola del monitor, **Ag Leader** de CASE / New Holland, **Green Star** de John Deere, **Field Star** de Massey Ferguson y AGCO Allis, etc.
6. Receptor GPS o DGPS.



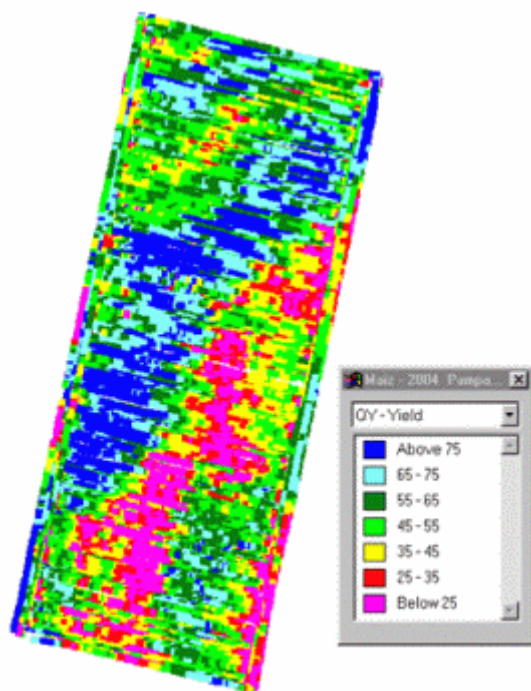
**Figura 1:** Representación esquemática de los componentes de un monitor de rendimiento con posicionamiento satelital y su ubicación en la cosechadora.

**Datos que ingresan a la tarjeta PCMCIA (latitud y longitud GPS) y a la consola del monitor para obtener el mapa de rendimiento**

Lat.	Long	Velocidad Km/h	Flujo de grano (ton/hs)	Ancho de corte (m)	Rend. Húmedo (kg/ha)	% de Humedad	Rend. Seco (kg/ha)
GPS		Sensor	Sensor	Dato ingresado	Calculado	Sensor	Calculado

Los mapas de rendimiento permiten cuantificar la variabilidad de rendimiento existente durante la cosecha de un cultivo dentro del lote, quedando grabada espacialmente.

La variabilidad de los lotes es uno de los factores que pueden justificar la realización de dosis variable en la siembra, fertilización, pulverización, etc y gracias al GPS y algunas herramientas de la Agricultura de Precisión, entre ellas el monitor de rendimiento, podemos conocer el área que ocupa cada sitio y cuantificar sus diferencias de rendimiento.



**Figura 2:** se puede observar en este mapa de rendimiento la variabilidad que posee el cultivo de maíz, debido a génesis de suelo. Zonas de mayores rendimientos (colores azules suelos profundos y bien desarrollados) y zonas de menores rendimientos (colores rojos donde poseen pH alto en superficie debido a problemas de sodio). Los rendimientos varían desde los menores a 25 qq/ha (colores rojos) de maíz a mayores de 75 qq/ha (colores azules).

Los tipos de variabilidad que pueden presentarse son: la variabilidad natural e inducida. Natural cuando depende del clima, el suelo (génesis del suelo y propiedades físicas y químicas), del relieve, etc. y Variabilidad Inducida se refiere al manejo (historia del lote, insumos agregados, prácticas culturales, etc).

Conociendo la variabilidad existente en los lotes y debido al grado de avance tecnológico alcanzado por los productores argentinos, no se puede seguir analizando datos promedios, desperdiciando al menos 800 datos por hectárea que nos brinda el monitor de rendimiento (datos puntuales). Los datos provistos por el monitor de rendimiento más GPS conforman un mapa de rendimiento que nos permite conocer los rendimientos del cultivo en cada parte del lote y los factores que intervienen en la expresión del rendimiento, dado que podemos ir a cada lugar con un GPS y corroborar a que se debió el mayor o menor rendimiento de los cultivos.

Cosechar datos de rendimiento no insume más pasadas sobre el lote, ni maquinaria específica, solo un mínimo costo de equipamiento de la cosechadora. Ya existen 1.300 cosechadoras con monitores de rendimiento en Argentina, de las cuales 900 son capaces de realizar mapas de rendimiento dado que poseen GPS (aproximadamente el 5% del área cosechable). Los beneficios de las nuevas tecnologías son aprovechados por los primeros adoptantes. No es necesario comprar un equipo (monitor de rendimiento, GPS, software, más todo lo referido a capacitación de los operarios y usuarios) para aprovechar las ventajas de esta tecnología, solo hay que buscar, contratar y valorar los prestadores de servicio con equipos de cosecha que la ofrezcan.

### **Calibración de los Monitores de Rendimiento**

Los tipos de calibración que son requeridos por el sistema de monitoreo de rendimiento varían según el tipo de monitor. De cualquier modo, a pesar de los diferentes tipos de monitor, el rendimiento no es medido directamente. En lugar

de eso, mediciones de fuerza, desplazamiento, o volumen, velocidad del flujo de material, contenido de humedad del grano, velocidad de cosecha y ancho de labor son combinados para producir una estimación de rendimiento de cultivo. El rendimiento del cultivo es un valor derivado o calculado. La calibración es ejecutada para asegurar que el dato del sensor y datos ingresados son usados apropiadamente por el monitor para producir el dato final en unidades de kilogramos por hectárea. Antes de comenzar a cosechar con el monitor, este debe calibrarse correctamente para que los datos entregados y grabados sean precisos y confiables.

La calibración comprende la selección de constantes y procedimientos para determinar coeficientes de calibración y convertir las señales eléctricas medidas en parámetros deseados.

### **Calibraciones previas a la cosecha**

- Calibración por vibración (hay que controlarla cada vez que se repare o modifique la máquina pero básicamente es una vez por campaña).
- Calibración de distancia (cuando se cambia el rodado o bien cuando las condiciones de piso de cosecha cambian bruscamente, pero por lo general es una vez en la campaña).

### **Calibraciones durante la cosecha**

- Calibración del sensor de altura del cabezal (cada vez que se cambia de cultivo).
- Calibración de humedad de grano

Se debe comparar la medida determinada por el monitor de rendimiento con respecto a determinaciones de otro medidor externo de humedad cuyas medidas hayan sido verificadas en su precisión. Se controla cuando varía mucho la humedad del grano.

- Calibración del peso del grano

Antes de realizar esta operación se debe haber realizado la calibración de humedad. El monitor se calibra sobre la base de pesos actuales que se le ingresan, estos se obtienen pesando el grano cosechado en una carga, en una balanza precisa.

Para realizar la calibración de peso son de suma utilidad las tolvas autodescargables con balanza electrónica, de esta manera se independiza de la existencia de una báscula cercana al lugar de cosecha.

Esta calibración se realiza para cada cultivo independientemente y debe repetirse cuando se note que la precisión haya excedido el 5% del error comparado con las básculas.

Si todos estos pasos son realizados correctamente estaremos en un nivel de precisión del rendimiento corregido por humedad menor al 2%, lo que ubica a los datos obtenidos como muy útiles para ser utilizados en el diagnóstico del gran cultivo. Se considera aceptable una precisión del monitor de hasta el 5%. Esta calibración debe realizarse cada vez que se cambia de cultivo, cuando el cultivo

varia mucho en la humedad del grano (sale de lo normal, o sea que esta por arriba del 20 o 25%).

Existen diferentes marcas y modelos de monitores de rendimiento, y entre los mismos varían los sistemas de medición de flujo, la forma y lugar de medir la humedad, la interface con el operador en la consola, la manera de calibrar, etc., pero los principios y el objetivo son coincidentes para todas las opciones del mercado.

### **Control de pérdidas con monitor de rendimiento por medio del flujo de granos (t/h)**

Las cosechadoras poseen un nivel de eficiencia de trabajo (trilla, separación y limpieza), en cada cultivo que depende directamente de la capacidad de alimentación (t/h) y procesado de grano. Si el operario toma la precaución de evaluar ese límite de capacidad de procesamiento de la cosechadora (t/h/niveles de pérdida para el cultivo cosechado), puede regular la velocidad de trabajo mediante el uso del monitor de rendimiento. Con esa información el operario podría avanzar más rápido en los lugares de menor rendimiento del cultivo y más lento en los lugares de mayor rendimiento, manteniendo constante el flujo de alimentación de grano de acuerdo a la capacidad ideal de la cosechadora.

El sensor de humedad también puede usarse para evitar problemas puntuales de humedad del grano durante el almacenaje, ej: maíz en bolsa con 16% de humedad máxima, y si por error o falta de información una tolva de maíz supera el 19% de humedad debido a que algún lugar del lote está más verde el cultivo o que se está cosechando a horarios inapropiados, se puede arruinar toda una partida. Con este sensor, monitor y una estrategia de comunicación podemos estar evitando estos problemas en el almacenaje de granos.

### **Novedad en Monitor de Rendimiento**

Este año la firma Ag Leader de EE.UU., mostró como novedad el modelo de Monitor de rendimiento denominado Insight (Figura 3), de pantalla activa de 10.4", con la primicia para el mercado de realizar el mapa de rendimiento en colores en tiempo real. Sumado a esto tiene la opción de además superponer capas de información en la misma pantalla del monitor, como por ejemplo tener un mapa de variedades o híbridos de fondo sobre el cual se va desplegando el mapa de rendimiento a medida que se cosecha el lote. La importancia dada a esta característica es que el productor que está cosechando sus lotes, pueda observar en el momento la variabilidad que manifiesta el rendimiento del cultivo y realizar de manera simultánea observaciones y anotaciones de lo que se identifica a campo. Un paso más en desentrañar las diversas causas y combinaciones, responsables de la variabilidad de rendimiento de un lote.

**Figura 3.** Pantalla del nuevo monitor Insight de AgLeader, mostrando la confección de un mapa de rendimiento en colores en tiempo real, superpuesto a un mapa de híbridos de Maíz.



La firma Ag Leader, también presenta en este monitor la tecnología de cableado Can bus, a veces llamada también cable inteligente, que a través de un solo cable comunica a todos los sensores del monitor, cada uno de los cuales envía su información con un identificador del tipo de dato. Además cada sensor es responsable de parte del procesamiento de la información que genera, liberando capacidad de la consola para otras funciones. Las ventajas de este sistema son la mayor simplicidad de cableado e instalación y de mayor importancia aún la posibilidad de agregar sensores sin la necesidad de agregar cableado ni reprogramaciones complejas de la consola.