

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

ISO 11545: 2015  
(Publicada por la ISO en 2009)

---

**EQUIPOS DE RIEGO - PIVOTE CENTRAL Y SISTEMAS DE AVANCE FRONTAL CON BOQUILLAS PARA ASPERSORES O DIFUSORES - DETERMINACIÓN DE LA UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DEL RIEGO.  
(ISO 11545:2009, IDT)**

Agricultural irrigation equipment – Centre-pivot and moving lateral irrigation machines with sprayer or sprinkler nozzles – Determination of uniformity water distribution.

---

ICS: 60.060.35

1. Edición      Octubre 2015  
**REPRODUCCIÓN PROHIBIDA**

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.  
Teléfono: 7830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio  
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

## Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

### Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 89 de Tractores y Maquinaria agrícolas integrado por representantes de las siguientes entidades:

- |  |   |
|--|---|
| - Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. - MINAG | - Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar. - MINAZ |
| - Grupo Empresarial GELMA                                      | - Unión Agropecuaria Militar - UAM                                    |
| - Instituto de Investigaciones Forestales. MINAG               | - Grupo Empresarial de la Rama Mecánica -GEM-SIME                     |
| - Instituto Nacional de Investigación de Sanidad Vegetal.      | - Oficina Nacional de Normalización. CITMA                            |
| - Dirección de Ingeniería Agropecuaria MINAG                   | - Grupo de aseguramiento y control de la calidad del MINAG.           |
| - Centro de Mecanización Agropecuaria del MES                  |   |

- Es una adopción idéntica por el método de traducción de la Norma Internacional ISO 11545:2009. Equipos de riego - Pivote central y sistemas de avance frontal con boquillas para aspersores o difusores - Determinación de la uniformidad en la distribución del riego.

- Sustituye a la NC-ISO 11545:2007 Máquinas agrícolas para riego - Pivotes centrales y máquinas de avance frontal equipadas con boquillas difusoras o aspersores- Determinación de la uniformidad de distribución del agua.

© **NC, 2015**

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC)**

**Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba.**

## **EQUIPOS DE RIEGO – PIVOTE CENTRAL Y SISTEMAS DE AVANCE FRONTAL CON BOQUILLAS PARA ASPERSORES O DIFUSORES – DETERMINACIÓN DE LA UNIFORMIDAD EN LA DISTRIBUCIÓN DEL RIEGO**

### **1 Objeto**

Esta Norma Cubana especifica un método de campo para la determinación de la uniformidad de la distribución del riego en el campo para maquinaria de riego de pivote central y avance frontal equipada con boquillas para aspersores y difusores. También se especifica el cálculo del coeficiente de uniformidad.

Esta Norma Cubana es aplicable a aquellos equipos de riego en los que el dispositivo de salida del agua está a más de 1,5 m sobre la superficie del suelo y a aquellos en los que se produce solapamiento en la distribución del riego por la existencia de dispositivos consecutivos.

Esta norma no es aplicable a la evaluación de máquinas de riego de pivote central equipada con diversos dispositivos de salida plegables.

### **2 Términos y definiciones**

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes:

#### **2.1**

##### **pivote central**

máquina de riego automatizado formada por varias torres automotrices que sujetan una tubería y que giran alrededor de un eje central de tal forma que el agua fluye radialmente desde el pivote hacia fuera para ser distribuida por boquillas para aspersores o difusores localizadas a lo largo de la tubería.

#### **2.2**

##### **máquina de riego de avance frontal:**

máquina de riego automatizado formada por varias torres automotrices que sujetan una tubería y que se mueven de tal forma que la tubería permanece generalmente en línea recta moviéndose lateralmente al campo en una trayectoria recta, de tal forma que el agua introducida por cualquier punto de la máquina a lo largo de la tubería fluye determinando básicamente una distribución rectangular del riego gracias a boquillas para aspersores o difusores localizadas a lo largo de la tubería.

#### **2.3**

##### **aspersor**

dispositivo para la distribución de agua de varios tipos y tamaños.

EJEMPLO Cañón de impacto, aspersor de boquilla fija, cañón de riego.

#### **2.4**

##### **difusor**

dispositivo que descarga el agua en forma de chorros finos o en abanico sin que gire ninguna de sus partes.

#### **2.5**

##### **conjunto de aspersores**

conjunto de dispositivos fijados en las aberturas de las máquinas de riego tanto de pivote central

como sistemas de avance frontal y que pueden incluir componentes móviles, conductos, dispositivos reguladores de presión y caudal y, tubos de soporte diseñados para una máquina de riego y un conjunto de parámetros de funcionamiento específicos.

## 2.6

### **cañón del extremo**

conjunto de uno o más aspersores o difusores colocados en los extremos de la máquina de riego de pivote central o del sistema de avance frontal para incrementar el área regada, y que normalmente funciona sólo durante un período de tiempo para ajustarse a los límites del sistema.

## 2.7

### **presión de ensayo**

presión de la máquina de riego de pivote central o de sistema de avance frontal medida en el primer chorro de salida disponible aguas abajo desde el codo o pieza de derivación en T en la parte superior de la estructura de entrada.

## 2.8

### **radio efectivo**

radio del área circular a regar por una máquina de riego de pivote central, que se toma como la distancia desde el eje central hasta el aspersor o difusor del extremo de la tubería.

## 2.9

### **longitud efectiva**

medida paralela a la tubería del área a regar por un sistema de avance frontal, que se toma normalmente como la distancia entre los aspersores o difusores extremos más alejados de la tubería, excepto en el caso de existir una parte del área debajo de la tubería que se use para el sistema de alimentación de agua y no para cultivo, en cuyo caso esa distancia se excluye de la longitud efectiva.

## 2.10

### **radio mojado**

$r_w$

distancia medida desde el centro de un aspersor o difusor hasta el último pluviómetro con agua, o estimada a partir de los datos del catálogo del fabricante como la mitad del diámetro de alcance.

## 2.11

### **lámina de riego**

$d_i$

Volumen ajustado de agua recogido en cada pluviómetro de una serie de pluviómetros más el volumen medio de agua que se evapora mientras el agua está en el pluviómetro, dividido por el área de la apertura del pluviómetro.

## 2.12

### **pluviómetro**

receptáculo en el que se deposita el agua durante un ensayo de uniformidad de la distribución de agua.

## 2.13

### **cliente**

persona(s) u organización para los que se lleva a cabo un ensayo.

**2.14****personal de ensayo**

persona(s) u organización que lleva(n) a cabo el ensayo.

**3 Condiciones y equipo de ensayo****3.1 Pluviómetros**

**3.1.1** Todos los pluviómetros que se usen en el ensayo deben ser iguales y con una forma tal que el agua no salpique ni hacia dentro ni hacia fuera. El borde de éste debe ser simétrico y no presentar depresiones. La altura debe ser como mínimo el doble de la lámina máxima recogida durante el ensayo, y nunca menor de 150 mm. El diámetro de entrada de cada pluviómetro debe ser como mínimo la mitad de su altura, y no debe ser menor de 85 mm. Para minimizar el error de medición, es recomendable que el personal que realiza el ensayo utilice pluviómetros tan grandes como sea posible.

**3.1.2** Se colocan de forma uniforme a lo largo de dos o más líneas rectas perpendiculares a la dirección de avance de la máquina. La separación máxima entre pluviómetros en cada línea debe ser conforme a la Tabla 1. No se deben colocar pluviómetros donde los componentes estructurales de la torre alteren el patrón de distribución de aspersores o difusores.

**Tabla 1 – Separación máxima de los pluviómetros**

<b>Radio mojado del aspersor o difusor</b> <b>m</b>	<b>Separación máxima de los pluviómetros</b> <b>m</b>
>10	3
≥ 10	5

5

Para minimizar los errores sistemáticos, se deberían desfazar las líneas adyacentes. Dicho desfase debería ser de un  $1/n$  de la separación entre cada uno, donde  $n$  es el número de líneas (véase la Figura 1 y la Figura 2 para observar la disposición de los pluviómetros). Se asegura que la distancia entre cada uno no es múltiplo de la distancia entre aspersores o difusores. Se deberían mover para que no interfieran las huellas de las ruedas. Se registra la localización de los pluviómetros.

**3.1.3** Se sitúan las líneas de tal forma que la distancia entre líneas sea como sigue.

Para las máquinas de riego de pivote central, se sitúan a lo largo de dos o más líneas extendidas radialmente desde el eje. Asegurarse de que la distancia entre extremos opuestos de las líneas radiales no sea más de 50 m. Se registra el modelo de espaciado (véase la Figura 1).

Para las máquinas de riego de avance frontal, se sitúan a lo largo de dos o más líneas paralelas a la tubería. Asegurarse de que las líneas de los pluviómetros se extiende sobre la longitud efectiva de la máquina y que no estén separadas más de 50 m. Se registra el modelo de espaciado (véase la Figura 2).

**3.1.4** Se sitúan de tal forma que obstáculos, tales como la cubierta del cultivo, no interfieran con la medición de la aplicación de riego. Cuando un obstáculo está más arriba que la altura del pluviómetro, pero por debajo del dispositivo de distribución de agua, se mantiene una distancia horizontal sin obstáculos de al menos el doble de la altura del obstáculo a ambos lados de las filas (véase el caso A de la figura 3). Para aquellos sistemas con dispositivos de distribución de agua situados por debajo de la cubierta del cultivo, se mantiene una distancia horizontal sin obstáculos

de al menos 1,25 veces el radio mojado del aspersor o difusor a cada lado de las filas (véase el caso B de la figura 3).

**3.1.5** La zona de entrada debe estar nivelada. Cuando se esperan, durante el ensayo, velocidades del viento superiores a 2 m/s, la abertura no debería estar a más de 0,3 m sobre el suelo o la cubierta del cultivo. La altura de descarga del aspersor o difusor debe estar al menos 1 m por encima de la parte superior del pluviómetro. Se registra la altura de las boquillas de los aspersores o difusores y la abertura de entrada.

### **3.2 Viento**

**3.2.1** Se mide la velocidad del viento durante el ensayo con un anemómetro rotativo o un dispositivo equivalente.

**3.2.2** Se determina la dirección del viento, en relación a la línea de pluviómetros, con una veleta que indique al menos ocho puntos cardinales.

**3.2.3** Se sitúa el equipo para la medición de la velocidad del viento a una altura de 2 m y dentro de un límite de 200 m en el recinto de ensayo, en una posición representativa de las condiciones de viento del recinto de ensayo.

**3.2.4** Se asegura que el anemómetro tiene una velocidad umbral que no exceda de 0,3 m/s y puede medir la velocidad real dentro de un rango del  $\pm 10 \%$ .

**3.2.5** La precisión del procedimiento de ensayo comienza a disminuir cuando la velocidad del viento supera 1 m/s. El ensayo no debería utilizarse como medida válida para la uniformidad o el comportamiento de un conjunto de aspersores si la velocidad del viento supera los 5 m/s. Para ensayar a velocidades del viento superiores a 5 m/s, el cliente y el personal de ensayo deberían comprender las limitaciones de los resultados del ensayo. Se mide y se registra la velocidad y dirección predominante del viento al principio y al final del ensayo y en intervalos no superiores a 15 min.

### **3.3 Evaporación**

**3.3.1** El ensayo se debería llevar a cabo en aquellos momentos en los que se puedan minimizar los efectos de la evaporación, como por la noche o a primeras horas de la mañana.

**3.3.2** Para minimizar el efecto de la evaporación en los pluviómetros durante el ensayo, se mide y registra el volumen de agua en cada uno de ellos pronto como sea posible una vez no esté dentro de los límites de la zona de riego establecida. Si el volumen recogido en cada pluviómetro se tiene que ajustar según las pérdidas por evaporación, se estima el tiempo que está el agua en él, es decir, desde que el pluviómetro entra en los límites de la zona de riego establecida hasta que se mide el volumen recogido.

**3.3.3** Para tener en cuenta la evaporación en los pluviómetros, se coloca un mínimo de tres de control con un volumen de agua similar al que se prevé que se va a recoger en el lugar de ensayo. Se registra el volumen de agua en cada uno antes y después del ensayo y se registra el momento del día en el que se colocó y en el que se registró el volumen recogido después del ensayo. Se calcula la tasa de evaporación media ( $E_i$ ) (en el capítulo A.1 se incluye información útil para elaborar el informe). Las dimensiones de los pluviómetros de control deben ser idénticas a las de los especificados en el apartado 3.1.1. Se localizan los de regulación donde el microclima no se vea

afectado por el funcionamiento de la máquina. Esto se da normalmente a favor del viento desde la zona de ensayo.

**3.3.4** Se emplean procedimientos apropiados para minimizar la evaporación. Éstos incluyen el uso de eliminadores de la evaporación o pluviómetros especialmente diseñados. Se registran los métodos utilizados para anular la evaporación, incluyendo, en su caso, el tipo de eliminador.

### **3.4 Elevación**

Se realiza el ensayo en un área con diferentes alturas dentro de los límites fijados por el diseño del conjunto de aspersores.

Se miden diferencias de altura con un instrumento capaz de medir variaciones en altura de  $\pm 0,2$  m en una distancia de 50 m. Se incluyen con los resultados del ensayo un croquis del perfil del terreno a lo largo de cada línea de pluviómetros, a menos que el suelo sea llano.

## **4 Procedimientos de ensayo**

**4.1** Antes de ensayar un equipo de riego, se verifica que el conjunto de aspersores se ha instalado de acuerdo a los requisitos de diseño, a no ser que el cliente especifique otra cosa.

**4.2** Durante el ensayo se regula y mantiene la presión del agua que se introduce en el equipo dentro de unos límites del  $\pm 5\%$  respecto a una presión de ensayo pactada por el cliente y el personal de ensayo. Asegurarse de que el manómetro tiene una precisión de  $\pm 2\%$  de la presión de ensayo. Se registra la presión de ensayo.

**4.3** Se hace funcionar la máquina de riego a una velocidad tal que deposite una lámina de riego media de 15 mm como mínimo, a no ser que el cliente especifique otra cosa.

**4.4** Se registran los datos de lámina de riego mediante la medición de volumen o, alternativamente, la masa o altura de agua recogida. Se regula para la evaporación como se indica a continuación: el volumen recogido ajustado ( $V_i$ ) es igual al volumen recogido que se ha registrado ( $V_{ci}$ ), más el volumen medio de agua evaporada de control durante el tiempo ( $t_i$ ) en el que el agua ha estado en el pluviómetro establecido (en el capítulo A.2, se incluye información útil para elaborar el informe). Se asegura que el aparato de medición tiene una precisión del  $\pm 3\%$  del volumen medio de agua recogida.

**4.5** Se elimina cualquier punto con datos claramente erróneos provocado por fugas, pluviómetros ladeados o cualquier variación justificada en el análisis de la distribución del riego. Asegurarse de que el número de observaciones eliminadas no supere el 3 % del número total de láminas medidas. Se informa de cualquier observación. Se registra el número estimado de observaciones, junto con las causas de su eliminación.

**4.6** Se eliminan del análisis aquellas observaciones más allá de radio o longitud efectivos de la máquina.

**4.7** Si el conjunto de aspersores se diseña con un cañón de extremo, el ensayo se realiza con éste funcionando en el mismo modo en el que se ha diseñado el conjunto de aspersores. El número de aspersores o difusores debería permanecer constante durante el ensayo. Si se desea, el ensayo también se puede llevar a cabo sin que funcione el cañón para poder evaluar la distribución del riego en esas condiciones.

**4.8** Los datos de hasta el 20 % de los pluviómetros de la parte interna de la longitud total de una máquina de riego de pivote central se pueden eliminar del análisis de la distribución del riego, si se llega a tal acuerdo por parte del cliente y el personal de ensayo. No es necesario colocar los pluviómetros en la parte interna de la máquina de riego de pivote central, si la finalidad del ensayo es determinar la distribución del riego con la parte interna del pivote central excluida del análisis.

## 5 Cálculos

**5.1** Se calcula el coeficiente de uniformidad de una máquina de riego de pivote central utilizando la fórmula modificada de Heermann y Hein <sup>(1)</sup>. Se pueden utilizar otros parámetros adicionales de comportamiento para caracterizar la uniformidad de la distribución del riego. Se asegura de que el personal de ensayo identifica claramente cualquiera de dichos parámetros, incluyendo la fórmula para el cálculo.

La fórmula modificada de Heermann y Hein es:

$$C_{uH} = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}_w| S_i}{\sum_{i=1}^n (V_i S_i)} \right]$$

Donde:

$C_{uH}$  es el coeficiente de uniformidad de Heermann y Hein;

$n$  es el número de pluviómetros utilizados en el análisis de datos;

$i$  es un número asignado para identificar un pluviómetro en particular, normalmente comenzando por el pluviómetro situado más cerca del eje del pivote ( $i = 1$ ) y finalizando con  $i = n$  para el pluviómetro más alejado del eje del pivote;

$V_i$  es el volumen (o, alternativamente, la masa o la lámina) de agua recogida en el pluviómetro  $i$ ;

$S_i$  es la distancia del pluviómetro  $i$  hasta el eje del pivote;

$\bar{V}_w$  es el volumen medio ponderado (o, alternativamente, la masa o la lámina) de agua recogida, calculada según:

$$\bar{V}_w = \frac{\sum_{i=1}^n V_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

**5.2** Se calcula el coeficiente de uniformidad de un sistema de avance frontal utilizando la fórmula de Christiansen <sup>(2)</sup>. Se pueden utilizar otros parámetros adicionales de comportamiento para caracterizar la uniformidad de la distribución del riego. Se asegura de que el personal de ensayo identifica claramente cualquiera de dichos parámetros, incluyendo la fórmula para el cálculo.

La fórmula de Christiansen es:

$$C_{uC} = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}|}{\sum_{i=1}^n V_i} \right]$$

Donde:

$C_{UC}$  es el coeficiente de uniformidad de Christiansen;

$n$  es el número de pluviómetros utilizados en el análisis de datos;

$V_i$  es el volumen (o, alternativamente, la masa o la lámina) de agua recogida en el pluviómetro  $i$ ;

$\bar{V}$  es la media aritmética de volumen (o, alternativamente, la masa o la lámina) de agua recogida por todos los pluviómetros utilizados en el análisis de datos, calculada según:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

**5.3** Se calcula  $C_{UH}$  o  $C_{UC}$ , dependiendo del caso, para cada línea de pluviómetros. Se calcula un coeficiente combinado de uniformidad,  $C_{UH}$  o  $C_{UC}$ , utilizando los datos de todas las líneas.

**5.4** Si se ensaya un sistema de riego con cañón de extremo, se utiliza el procedimiento indicado en el apartado 4.7 para medir el coeficiente de uniformidad cuando éste está funcionando, y, opcionalmente, cuando esté cerrado. Para caracterizar el comportamiento del cañón, se registra (véase el capítulo A.1) el área aproximada de terreno regada mientras el cañón está funcionando y el área regada aproximada cuando está cerrado.

**5.5** Se dibuja un gráfico que muestre el volumen (o, alternativamente, la masa o la lámina) de agua recogida en cada pluviómetro, trazado frente a la distancia desde el eje del pivote o a lo largo del ramal, junto con las posiciones de las torres y aspersores o difusores. Se trazan de forma separada los datos para cada línea.

## 6 Evaluación

**6.1** El coeficiente de uniformidad calculado se debe utilizar como indicador del comportamiento del conjunto de aspersores con relación al terreno, condiciones ambientales, de presión y las variaciones predominantes de presión durante el ensayo. El coeficiente de uniformidad de un nuevo conjunto de aspersores se puede utilizar para comparar diferentes tipos de conjuntos de aspersores y que sirva de referencia para sistemas de riego similares que se han utilizado durante un período de tiempo.

**6.2** Si el coeficiente de uniformidad de un sistema de riego instalado difiere sustancialmente del valor especificado en el diseño inicial, se realizan otras investigaciones para determinar la causa. Un coeficiente de uniformidad menor que el de diseño puede indicar que los dispositivos de aplicación de riego están estropeados, rotos o funcionan mal.

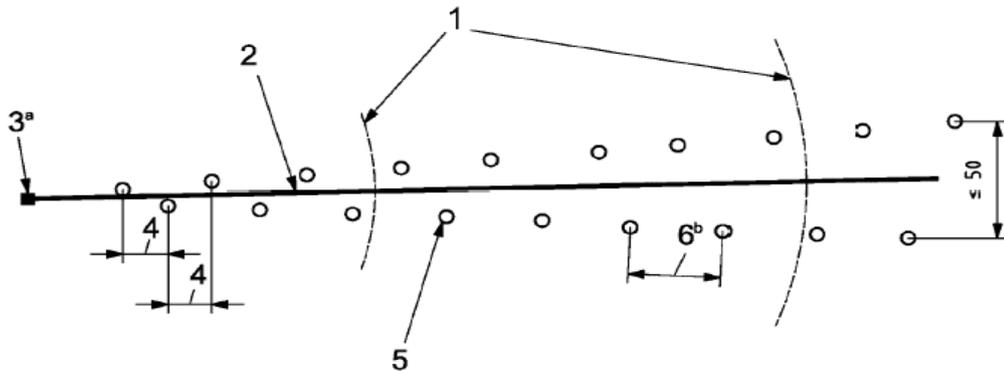
**6.3** El gráfico de la lámina aplicada a lo largo del ramal puede ayudar a identificar problemas en el funcionamiento del sistema de riego. Se deberían investigar aquellos puntos a lo largo del ramal donde la lámina aplicada es un 10 % mayor o menor que la lámina media para determinar la causa de dicha variación.

## 7 Informe de los resultados del ensayo

Se registran los datos tomados para este ensayo en formularios similares a los normalizados que se presentan en los capítulos A.1 y A.2, y al de resumen del ensayo del capítulo A.3. Se documentan y se explican los acuerdos especiales entre el cliente y el personal de ensayo. Se

justifican las irregularidades en los datos presentados en los formularios. Se incluyen datos adicionales no requeridos por esta norma junto con los resultados del ensayo si dichos datos ayudan a caracterizar la uniformidad de la distribución del riego.

Medidas en metros



**Leyenda**

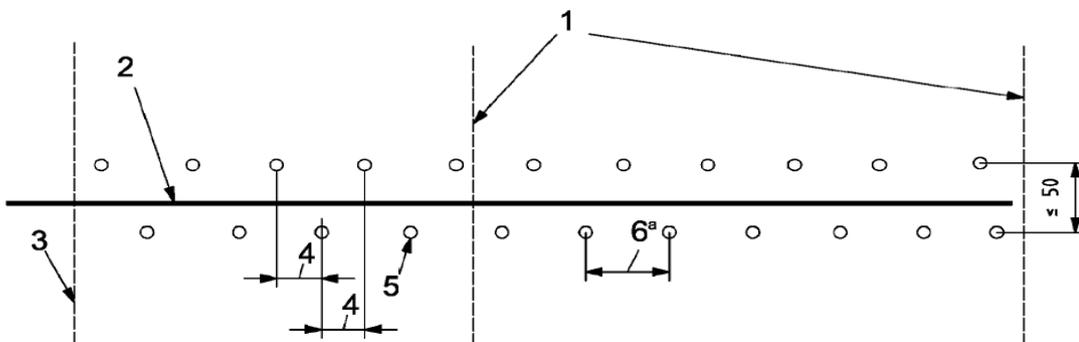
- |                            |                  |   |
|----------------------------|------------------|---|
| 1 Huellas de las ruedas    | 3 Eje del pivote | 5 Pluviómetro <i>i</i> de la línea <i>j</i> (alternado de otra línea) |
| 2 Ramal del pivote central | 4 Desfas         | 6 Separación entre pluviómetros                                       |

NOTA - El desfase de captación es aproximadamente igual a  $1/n$  la separación entre pluviómetros, donde  $n$  es el número de líneas de pluviómetros.

<sup>a</sup> Punto de referencia para  $S_i$  (distancia del pluviómetros  $i$  desde el eje del pivote).

<sup>b</sup> Separación máxima entre pluviómetros: 3 m cuando  $nW < 10$  m; 5 m cuando  $nW \geq 10$  m.

**Figura 1 – Disposición de los pluviómetros para la determinación de la distribución del riego para máquinas de riego de pivote central**



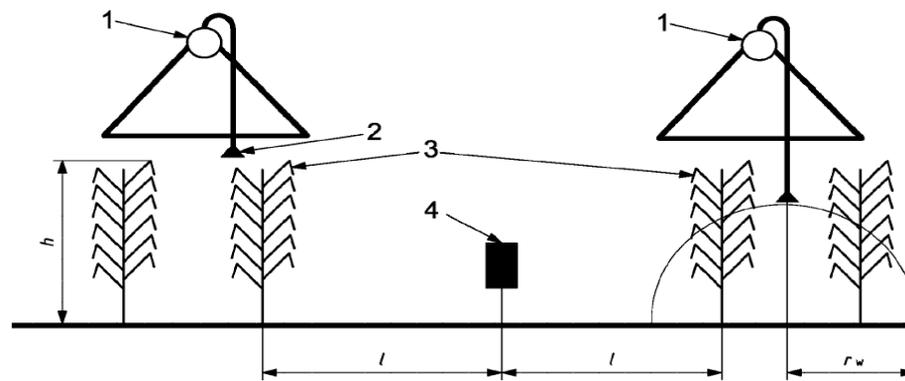
**Leyenda**

- |   |   |
|---|---|
| 1 Huellas de las ruedas                               | 4 Desfase                                   |
| 2 Ramal en movimiento                                 | 5 Pluviómetro <i>i</i> de la línea <i>j</i> |
| 3 Posición arbitraria de referencia para la distancia | 6 Separación entre pluviómetros             |

NOTA - El desfase de captación es aproximadamente igual a  $1/n$  la distancia entre pluviómetros, donde  $n$  es el número de líneas de pluviómetros.

<sup>a</sup> Separación máxima entre pluviómetros: 3 m cuando  $nW < 10$  m; 5 m cuando  $nW \geq 10$  m.

**Figura 2 – Disposición de los pluviómetros para la determinación de la distribución del riego para máquinas de riego de avance frontal**



**Caso A: Dispositivo de distribución del agua sobre la cubierta del cultivo**  
 $(l \geq 2h)$

**Caso B: Dispositivo de distribución de agua debajo de la cubierta del cultivo**  
 $(l \geq 1,25 r_w)$

1 Tubería  
 2 Dispositivo de distribución de agua  
 3 Obstáculo (cultivo)

4 Pluviómetro  
 $r_w$  Radio mojado  
 $h$  Altura del obstáculo

**Figura 3 — Directrices para la colocación de los pluviómetros con obstáculo (por ejemplo, cultivos) durante el ensayo**

**ANEXO A**  
(Normativo)

**HOJAS PARA LA RECOGIDA DE DATOS E INFORMES DEL ENSAYO PARA LA INFORMACIÓN REQUERIDA**

**A.1 Hoja de datos del terreno y la máquina**

Identificación del ensayo: .....

Lugar de ensayo: .....

**Descripción de la máquina**

Fabricante/modelo: .....

Número de torres: .....

Distancia entre el eje del pivote y la última torre: ..... m

Longitud del ramal

segmento 1: ..... m segmento 2: ..... m segmento 3: ..... m

Diámetro de la tubería del ramal

segmento 1: ..... m segmento 2: ..... m segmento 3: ..... m

Tipo del conjunto de aspersores:

Reguladores de presión: ..... Sí..... NO

Situación de los reguladores de presión: referencia al dibujo adjunto

Clasificación del regulador de presión: referencia al dibujo adjunto

Cañón de extremo: área regada aproximada estando

cerrado: .....ha

abierto: ..... ha

Altura nominal de la boquilla o del plato de distribución sobre el suelo: .....m

Altura de la parte superior del pluviómetro sobre el suelo: ..... m

**Condiciones de funcionamiento**

Presión de ensayo: .....kPa

Velocidad de la máquina

duración del ensayo: .....h

distancia recorrida por la última torre: .....m

última torre del pivote central: ..... m/h

sistema de avance frontal: ..... m/h

ajuste del cronómetro: .....%

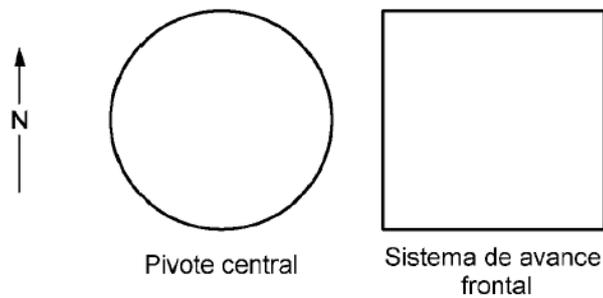
duración del ciclo del cronómetro ..... S

**Cálculo de la evaporación en los pluviómetros**

Pluviómetro N°	Volumen inicial ml	Momento del día en el que se coloca el pluviómetro h min	Volumen final ml	Momento del día en el que se registra el volumen recogido en el pluviómetro h min	Pérdidas ml	Tiempo transcurrido en la recogida h	Tasa de evaporación ml/h
1							
2							
3							
Tasa de evaporación media, $E_i$							

**Configuración del terreno**

Se muestra la situación del ramal durante el ensayo



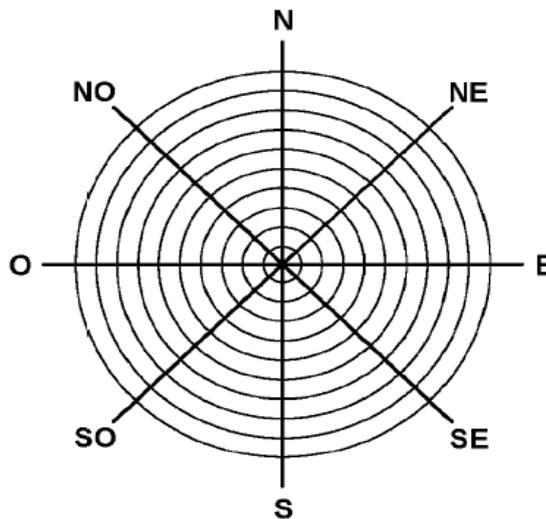
**Información sobre el viento**

Se traza la dirección del viento mediante un vector para cada velocidad

NOTA - Cada círculo concéntrico equivale a 1 m/s, siendo el círculo exterior igual a 10 m/s

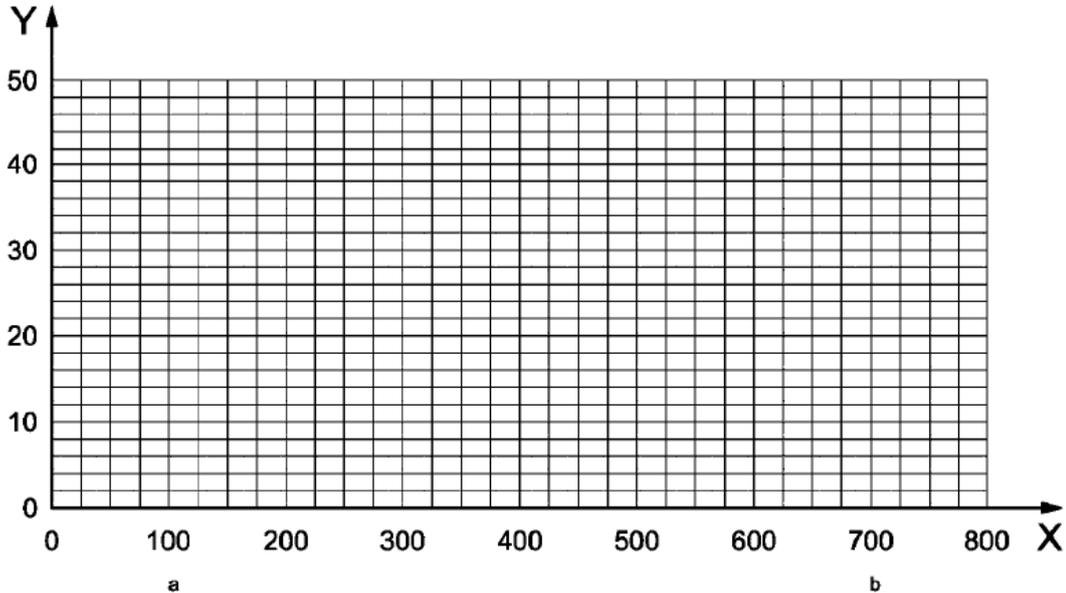
Velocidad máxima del viento acordada para el ensayo ..... m/s

Velocidad media del viento durante el ensayo ..... m/s



**Alturas en el ramal**

Se trazan las alturas relativas del terreno aproximadas del ramal durante el ensayo en el siguiente grafico.



**Leyenda**

X distancia lateral a lo largo del ramal, m                      a Entrada  
 Y diferencia en las alturas del terreno, m                      b Final

**A.2 Hojas de recogida de datos para registro de los resultados del ensayo**

Identificación del ensayo: .....

Número de líneas de pluviómetros: .....

Diámetro de los pluviómetros ( $D_c$ ): ..... mm

Área de la abertura del pluviómetro [ $A_c = 0,785 (D_c)^2$ ]: .....  $mm^2$

Separación nominal entre pluviómetros: ..... m

Separación nominal entre líneas de pluviómetros: .....m

Desfase: ..... m

Evaporación media en los pluviómetros de control (E1)..... ml/ h



**A.3 Hoja resumen del ensayo**

Identificación del ensayo: .....

Radio mojado del difusor o aspersor del extremo (2.10): ..... m

Pivote central

Distancia desde el eje del pivote al último aspersor o difusor: ..... m

Radio efectivo (2.8): ..... m

Sistema de avance frontal

Distancia entre los dos aspersores o difusores más separados: ..... m

Distancia bajo la tubería utilizada para el suministro de agua:..... m

Longitud efectiva (2.9): .....-..... m

Número de pluviómetros instalados: .....

Número de pluviómetros utilizados para el análisis (*n*): .....

Porcentaje de pluviómetros no utilizados en el análisis: ..... %

Razón(es) para la exclusión: .....

.....

.....

.....

**Medias ponderadas**

**Línea de pluviómetros**

**1    2    3    4    Total o combinada**

**a) Pivote central**

Suma de los productos de volumen (o masa o lámina) y distancia  $\sum_{i=1}^n V_i S_i$  = \_\_\_\_\_

Suma de distancias  $\sum_{i=1}^n S_i$  = \_\_\_\_\_

Volumen medio ponderado (o masa o lámina)  $\bar{V}_w = \frac{\sum_{i=1}^n V_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}$  = \_\_\_\_\_

Coefficiente de uniformidad  $C_{uH} = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}_w| S_i}{\sum_{i=1}^n (V_i S_i)} \right]$  = \_\_\_\_\_

**b) Sistemas de avance frontal**

Volumen medio (o masa o lámina)  $\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$  = \_\_\_\_\_

Coefficiente de uniformidad  $C_{uC} = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}|}{\sum_{i=1}^n V_i} \right]$  = \_\_\_\_\_

**Bibliografía**

- [1] HEERMANN, D.F. and HEIN, P.R. Performance characteristics of self-propelled center pivot sprinkler irrigation systems. *Transactions of the ASAE*, 1968, **11**, No. 1, pp. 11-15.
- [2] CHRISTIANSEN, J.E. *Irrigation by Sprinkling*. Bulletin 670, 1942. University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, Berkeley, California.
- [3] American Society of Agricultural Engineers Standard ASAE S436, *Test Procedure for Determining the Uniformity of Water Distribution of Center Pivot and Lateral Move Irrigation Machines Equipped with Spray or Sprinkler Nozz.*