

### **NOTA IMPORTANTE:**

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

**ININ/ Oficina Nacional de Normalización**

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

ISO 11545: 2007  
(Publicada por la ISO en 2001)

---

**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  
(ISO 11545:2001, IDT)**

**Agricultural irrigation equipment—Centre-pivot and moving lateral irrigation  
machines with sprayer or sprinkler nozzles—Determination of water distribution**

---

ICS: 65.060.35

1. Edición      Junio 2007  
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana. Cuba. Teléfono: 830-0835 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 CTN – 89 “Maquinaria Agrícola” en el que están representadas las instituciones siguientes:
  - Agromecánica.
  - Instituto Nacional de Investigaciones de Sanidad Vegetal
  - Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria
  - Instituto de Investigaciones Forestales
  - Centro de Mecanización Agropecuaria de la Universidad Agraria de La Habana.
  - Departamento de Aseguramiento y de control de la calidad del MINAG
  - Tractoimport
  - Agropecuaria de las FAR
  - Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar
  - Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje
  - Oficina Nacional de Normalización.
  
- Es una adopción idéntica a la ISO 11545: 2001. Agricultural irrigation equipment – Centre-pivot and moving lateral irrigation machines with sprayer or sprinkler nozzles – Determination of water distribution.

### **© NC, 2007**

**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, Vedado, Ciudad de La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba.**

**Índice**

1	Objeto.....	4
2	Términos y definiciones.....	4
3	Equipamiento y condiciones de ensayo.....	6
4	Procedimiento del ensayo.....	8
5	Cálculos.....	8
6	Evaluación.....	10
7	Reportes de los resultados del ensayos.....	10
<b>Anexo A (Normativo)</b>		
	Información requerida para los modelos de reporte del ensayo y hojas de muestra de los datos.....	14
	Bibliografía.....	20

**MÁQUINAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES—EQUIPOS AGRÍCOLAS PARA RIEGO—PIVOTES CENTRALES Y MÁQUINAS DE AVANCE FRONTAL EQUIPADAS CON BOQUILLAS DIFUSORAS O ASPERSORES—DETERMINACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA**

## **1 Objeto**

Esta Norma Cubana, especifica un método para determinar la uniformidad de la distribución del agua en el campo desde las máquinas de riego de pivote central y de movimiento frontal, equipadas con boquillas de aspersión y aspersores. También se explica en este documento el método de cálculo del coeficiente de uniformidad a partir de los datos.

Esta norma se aplica a los sistemas de riego donde el dispositivo de aplicación de agua está a más de 1.5 m por encima de la superficie del suelo y donde la distribución del agua de los dispositivos adyacentes se solapa.

Esta Norma Cubana no se aplica a la evaluación de las máquinas de riego de pivote central equipadas con varios dispositivos de aplicación de esquinas.

## **2 Términos y Definiciones**

Para los propósitos de esta norma, se aplican las siguientes definiciones:

### **2.1 Máquina de pivote central**

Máquina de riego automática que consiste en una tubería que rota alrededor de un punto llamado pivote y se apoya en varias torres de autopropulsión, el agua se suministra al punto del pivote, fluye hacia afuera a través de la tubería y se distribuye mediante boquillas de aspersión colocadas a lo largo de la tubería.

### **2.2 Máquina de riego de avance frontal**

Máquinas automáticas de riego compuestas por una tubería sostenida por varias torres de autopropulsión. La máquina se mueve de forma tal, que la tubería se mantiene en línea recta atravesando el campo y regando generalmente un área rectangular. El agua puede suministrarse a la máquina en cualquier punto a lo largo de la tubería y se distribuye mediante boquillas de difusión o aspersores individuales localizadas a lo largo de la tubería.

### **2.3 Módulo de aspersión**

Grupo de dispositivos fijados a las válvulas de salida del pivote central o máquinas de avance frontal. Los dispositivos pueden estar formados por aspersores o difusores y pueden incluir además dispositivos de presión, de tuberías y de control de flujo y tubos de soporte diseñados para una máquina específica y para el establecimiento de parámetros operacionales.

### **2.4 Cañón Final**

Juego de una o varias boquillas de aspersión o difusión instaladas en el extremo final de un pivote central o máquina de avance frontal, para aumentar el área a regar. Los cañones operan por lo general solo una parte del tiempo para conformar los límites del sistema.

## 2.5 Presión de Ensayo

Es la presión de la máquina de avance frontal o pivote central medida, en la primera válvula de salida aguas abajo del codo o "T" en la parte superior de la estructura de entrada o admisión.

## 2.6 Radio efectivo

Es el radio del área circular a regarse, por la máquina de pivote central que se calcula tradicionalmente como la distancia del punto de pivote hasta el aspersor final, más el 75 % del radio humedecido del aspersor final ó boquilla difusora.

## 2.7 Longitud efectiva

La dimensión paralela a la tubería del área a regarse, por la máquina de avance frontal, que tradicionalmente se calcula, como la distancia entre las dos boquillas de aspersión o difusoras más distantes en la tubería, más el 75 % del radio humedecido de cada aspersor o difusor, 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

## 2.8 Radio humedecido

La distancia medida desde la tubería central de aspersión hasta el punto más remoto en el cual la tasa de aplicación de la boquilla individual disminuye hasta aproximadamente 1 mm/ h. El radio de humedecimiento está basado en los ensayos que se realizaron cuando no hubo viento.

## 2.9 Lámina aplicada $d_i$

Es el volumen ajustado de agua recogida en cada colector más la cantidad promedio de agua que se evaporó, mientras dura el ensayo, dividido entre el área de captación del colector.

## 2.9 Colector

Recipiente en el cual el agua se recoge, proveniente de los aspersores o difusores durante el ensayo, para la determinación de la uniformidad de distribución.

## 2.11 Cliente

Persona (s) u organización para quien o quienes se ejecuta el ensayo.

## 2.12 Evaluador

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

## 3 Equipamiento y condiciones del ensayo

### 3.1 Colectores

**3.1.1** Todos los colectores usados para un ensayo deben ser idénticos y estar moldeados de forma tal que no salpiquen. La abertura del colector debe ser simétrica y sin depresiones. La altura de los

colectores debe ser de por lo menos 120 mm. El diámetro de entrada del colector debe ser de  $\frac{1}{2}$  a 1 vez de su altura; pero no menos de 60 mm. El evaluador está obligado a usar colectores tan grandes como sea posible.

**3.1.2** Los colectores deben espaciarse uniformemente a lo largo de dos o más filas rectas perpendiculares a la dirección del movimiento de la máquina. El espaciamiento del colector bajo cada tubería no debe ser mayor de 3 m para las boquillas difusoras y 5 m para los aspersores. Para minimizar errores sistemáticos, las filas adyacentes de colectores deben estar compensadas. La compensación debe ser  $1/n$ th del espaciamiento entre los colectores, donde  $n$  es el número de filas de colectores (ver figura 1 y 2 para los detalles de la disposición de los colectores). El espaciamiento entre los colectores no debe ser múltiplo de la distancia entre los aspersores o boquillas difusoras. Se deben mover los colectores para evitar las ruedas de las torres. Se debe registrar también la localización de los colectores.

**3.1.3** La distancia entre las filas de colectores es la siguiente:

Para las máquinas de pivote central, los colectores se ubican a lo largo de dos o más filas, extendiéndose radialmente desde el punto del pivote. Los extremos (cuerda) de los dos radios de observaciones no deben tener una separación mayor de 50 m (ver figura.1 para los detalles de la disposición de los colectores).

En el caso de las máquinas de desplazamiento frontal- Los colectores deben colocarse a lo largo de la tubería de forma paralela hasta el alcance efectivo de la máquina y no deben tener más de 50 m de separación (ver figura. 2 para los detalles de la disposición de los colectores). Se debe registrar la localización de los colectores en ambos casos.

**3.1.4** Los colectores deben colocarse de forma que las obstrucciones, como el follaje de los cultivos, no interfiera la medición de la norma de aplicación. Cuando una obstrucción es más alta que la elevación del colector pero está por debajo de la altura de la boquilla, se debe mantener a ambos lados una distancia no obstruida horizontal de al menos dos veces la altura de la obstrucción (figura 3, caso A). Para los sistemas con boquillas que trabajan por debajo del follaje, se debe mantener a ambos lados de las hileras del colector, una distancia no obstruida de por lo menos 1,25 veces el radio humedecido (figura 3, caso B).

**3.1.5** Asegurarse de que la parte de entrada de los colectores esté nivelada. Cuando se esperan durante el ensayo velocidades del viento superiores a 2 m/s, la abertura de los colectores no debería estar a más de 0,3 a nivel del suelo ó la cubierta del cultivo. Asegurarse de que la altura de descarga de aspersor ó difusor sea al menos 1 m sobre la altura del colector. Se registra la altura de las boquillas de los aspersores ó difusores y la abertura del colector.

## 3.2 Viento

**3.2.1** La velocidad del viento durante el período del ensayo, debe medirse con un anemómetro de rotación u otro dispositivo equivalente.

**3.2.2** La dirección del viento, relativa a la fila de los colectores, puede determinarse con una veleta que indique por lo menos 8 de los puntos cardinales.

**3.2.3** La localización del equipo que mide la velocidad del viento debe estar a una altura de 2 m y dentro de los 200 m del lugar del ensayo, en un lugar representativo de las condiciones del viento dentro del área de ensayo.

**3.2.4** El anemómetro debe medir la velocidad umbral, que no debe exceder los 0.3 m/s y debe ser capaz de medir la velocidad real dentro de  $\pm 10\%$ .

**3.2.5** La exactitud del ensayo, comienza a disminuir cuando la velocidad del viento excede 1 m/s. El ensayo no debe emplearse como una medición válida de la uniformidad o funcionamiento del módulo de aspersión. Para ensayar a velocidades superiores a 3 m/s, el cliente y el evaluador deben entender las limitaciones de los resultados del ensayo. La velocidad del viento y la dirección predominante durante el tiempo del ensayo, deben ser medidas y registradas a intervalos no mayores de 15 min.

### **3.3 Evaporación**

**3.3.1** Se recomienda que el ensayo, debe realizarse durante los períodos en que disminuye el efecto de la evaporación, tales como la noche o durante las horas tempranas del día. Se mide y se registra en bulbo seco así como en bulbo húmedo, la humedad relativa o la temperatura del punto de rocío, deben ser medidas contra el viento, que sopla hacia la máquina y registradas al principio y al final del ensayo. Se debe anotar además el momento de la medición.

**3.3.2** Para disminuir el efecto de la evaporación en los colectores durante el ensayo, el volumen de agua en cada colector debe ser medido y registrado lo más pronto posible, después que éste no esté dentro del radio de acción del emisor de agua. Si el volumen recogido en cada colector se ajusta de acuerdo a las pérdidas por evaporación, estimar el tiempo que el colector contiene el agua, es decir, desde el momento que el colector está primero dentro del alcance del patrón de agua hasta que se mide el volumen.

**3.3.3** Si se hace un ajuste en los datos recogidos para reponer las pérdidas por evaporación de los colectores, debe colocarse en el ensayo un mínimo de 3 colectores de control que contengan agua, recogida anticipadamente en el lugar de ensayo y estos deben ser monitoreados para determinar la tasa de evaporación. Se localizan los colectores de regulación donde el microclima sea casi nulo debido al funcionamiento de la máquina. Esto se da normalmente a favor del viento desde la zona de ensayo. Se debe tomar nota del momento del día en que se miden los contenidos de los colectores de control.

**3.3.4** Se pueden emplear procedimientos apropiados para minimizar la evaporación. Estos incluyen el uso de contenedores de evaporación o colectores especialmente diseñados. Registrar los métodos utilizados para contener la evaporación incluyendo, de ser posible, el tipo de contenedor.

### **3.4 Elevación**

El ensayo, debe ser realizado en un área que tenga diferentes elevaciones que estén dentro de las especificaciones del módulo de aspersión. Las diferencias en la elevación deben medirse con un instrumento capaz de medir un cambio en la elevación de  $\pm 0.2$  m en unos 50 m de distancia. Se incluyen con los resultados del ensayo un croquis del perfil del terreno a lo largo de cada línea de colecto a menos que el suelo sea llano.

## 4 Procedimientos del ensayo

**4.1** Antes de ensayar una máquina, el que examina, debe verificar que el módulo de aspersores haya sido instalado de acuerdo con las especificaciones del diseño, a menos que se especifique lo contrario por el cliente.

**4.2** La presión de trabajo de la máquina debe ser ajustada y mantenida durante el ensayo, dentro de un rango de  $\pm 5\%$  de la presión de ensayo, mutuamente acordada entre el cliente y el evaluador. El dispositivo de medición de la presión debe ser capaz de realizar mediciones con una exactitud del  $\pm 2\%$  de la presión de ensayo.

**4.3** La máquina debe operarse a una velocidad que entregue una lámina promedio de aplicación de no menos de 15 mm, a menos que se especifique de otra manera por el cliente.

**4.4** La altura de la aplicación (datos), debe registrarse, según el volumen o masa de agua recogida en los colectores. El instrumento de medición, debe ser preciso,  $\pm 3\%$  de la cantidad promedio de agua recogida.

**4.5** Cualquier dato puntual incorrecto, ocasionado por sucesos, tales como: colectores virados, con salideros o con cualquier otro problema, debe ser eliminado, a partir del análisis de distribución del agua. El número de observaciones eliminadas no debe exceder el 3 % del número total de observaciones. Todas las observaciones deben ser anotadas, con los motivos de la eliminación.

**4.6** Las observaciones más allá del radio o alcance efectivo de la máquina deben ser eliminadas del análisis.

**4.7** Si el módulo de aspersión se diseña con un cañón final, el ensayo, debe realizarse con el cañón final en funcionamiento. El número de aspersores o difusores debe mantenerse constante durante el ensayo. Si se desea, el ensayo puede realizarse, con el cañón final inactivo para evaluar la distribución del agua en esas condiciones.

**4.8** Los datos de hasta el 20 % de los colectores en la parte interior del alcance total de la máquina pueden ser eliminados del análisis de distribución del agua, si se llega a un acuerdo mutuo entre el evaluador y el cliente. Los colectores no necesitan ser colocados en la parte interior del pivote central si la intención de la prueba es determinar la distribución del agua con la parte interior del pivote central eliminada.

## 5 Cálculos

**5.1** El coeficiente de uniformidad para una máquina de pivote central debe calcularse empleando la fórmula modificada de Heermann y Hein <sup>[1]</sup>. Se puede utilizar otros parámetros adicionales de comportamiento para garantizar la uniformidad de distribución del riego. Asegúrese que el personal de ensayo identifique claramente cualquiera de dichos parámetros, incluyendo la fórmula para el cálculo

La fórmula modificada de Heermann y Hein es:

$$C_{uH} = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}_w| S_i}{\sum_{i=1}^n |V_i * V_1|} \right)$$

donde:

$C_{uH}$  - es el coeficiente de uniformidad de Heerman y Hein.

$n$  - es el número de colectores usados.

$i$  - número asignado para designar un colector en particular, normalmente comienza por el colector más próximo al pivote ( $i = 1$ ) y terminando con  $i = n$  para el colector más alejado del punto.

$V_i$  - el volumen (o alternativamente la masa o la profundidad) del agua recogida en el colector  $i$ .

$S_i$  - es la distancia del colector  $i$ . al punto de pivote.

$\bar{V}_w$  - es el volumen promedio medido (masa o profundidad) del agua recogida. Se calcula como:

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

**5.2** El coeficiente de uniformidad para una máquina de desplazamiento frontal, debe calcularse empleando la fórmula de Christiansen <sup>[2]</sup>. Se pueden utilizar otros parámetros adicionales de comportamiento para garantizar la uniformidad de distribución del riego. Asegurarse 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 colectores usados en el análisis de los datos.

$V_i$  - es el volumen (o alternativamente, la masa o la profundidad) recogida por todos los colectores usados en el análisis de los datos.

$V$  - Es la media aritmética de volumen (o, alternativamente, la masa ó la lámina) de agua recogida por todos los colectores utilizados en el análisis de datos calculados según:

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

**5.3** Calcule el  $C_{uH}$  o  $C_{uC}$ , el que sea apropiado, para cada línea de colectores. Se debe calcular un coeficiente de uniformidad compuesto, usando los datos de ambas líneas.

**5.4** Si se ensaya una máquina con un cañón final, se debe seguir el procedimiento 4.1.7 para medir el coeficiente de uniformidad cuando el cañón está conectado, y opcionalmente cuando no lo está. El funcionamiento del cañón final debe estar caracterizado en el registro (ver A.1) del área aproximada del campo que se riega mientras el cañón final opera y el área regada, cuando el mismo está desconectado.

**5.5** Se debe preparar un gráfico que muestre el volumen (masa o profundidad) de agua recogida en cada colector vs. la distancia desde el punto del pivote, o a lo largo del lateral, junto con las posiciones de las torres y de los aspersores o difusores. Los datos de cada línea de los colectores deben ser trazados por separado.

## 6 Evaluación

**6.1** El Coeficiente de Uniformidad calculado debe ser usado como una indicación del desempeño del paquete de aspersión con respecto al campo, al ambiente y a las condiciones de presión y variación de presión prevalecientes durante el ensayo. El Coeficiente de Uniformidad de un nuevo paquete de aspersión, puede ser usado para la comparación de diferentes tipos de paquetes de aspersores y como referencia para máquinas similares que han sido usadas en determinado período de tiempo.

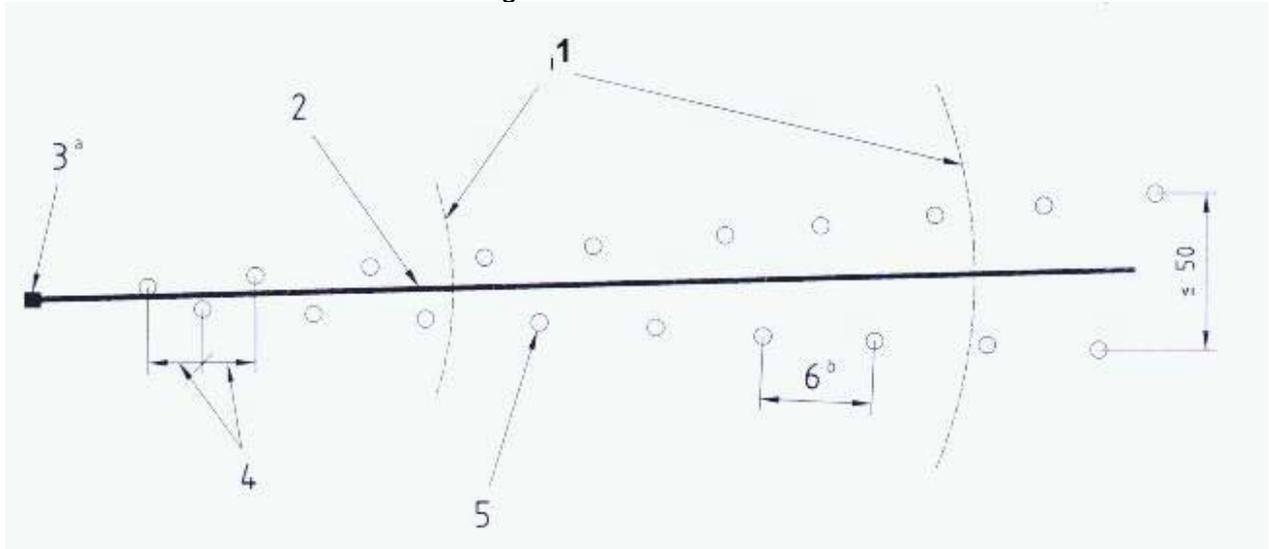
**6.2** Si el Coeficiente de Uniformidad para una máquina instalada se desvía sustancialmente del valor especificado para el diseño inicial, se deben desarrollar otras investigaciones para determinar la causa. Un coeficiente de uniformidad más pequeño que el valor de diseño puede indicar obstrucciones, roturas o mal funcionamiento de los dispositivos de aplicación de agua.

**6.3** El gráfico de la lámina de agua aplicada a lo largo del lateral, puede ayudar a identificar los problemas en el funcionamiento de la máquina. Los lugares a lo largo del lateral, donde la lámina aplicada es de un 10 % más alta o baja que la lámina promedio, deben ser investigados para determinar la causa de la variación.

## 7 Reporte de los resultados del ensayo

Los datos medidos para este ensayo, deben registrarse en las planillas que se dan en A.1; A.2 y en el modelo resumen-a.3. La justificación de las inconsistencias de los datos debe indicarse en las planillas correspondientes. Los datos adicionales no necesarios para esta Norma Cubana deben

ser incluidos junto a los resultados del ensayo, si los mismos ayudaran a caracterizar la uniformidad de la distribución de los riegos.



Símbolos

1 Huellas de las ruedas

4 Zona de compensación

2 Pivote central

5 (i)- colector de (j)- línea o hilera

3 Punto de pivote

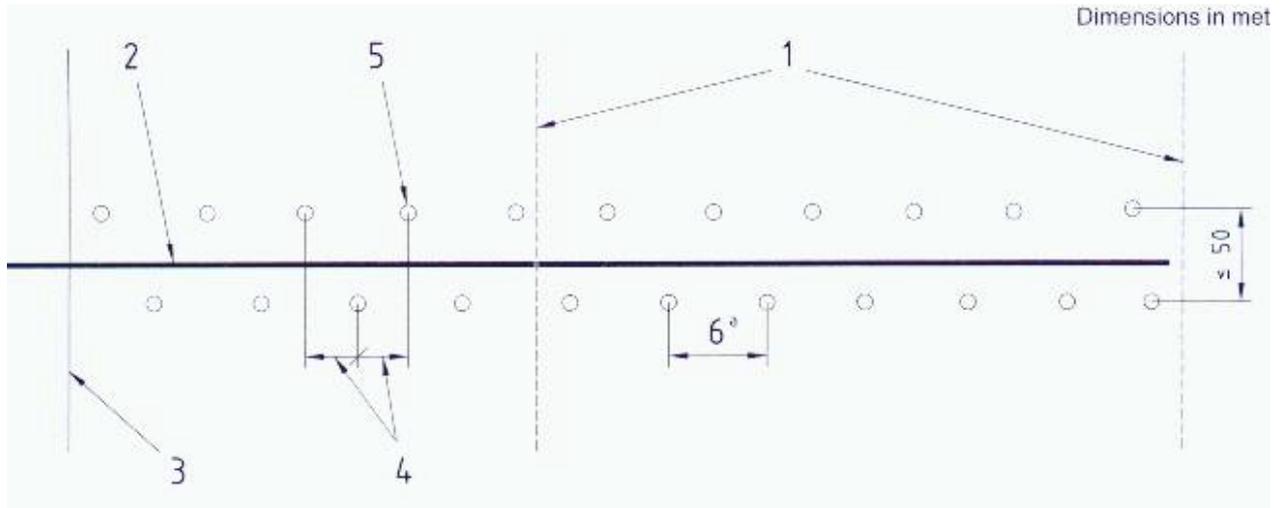
6 Espaciamiento entre colectores

NOTA El desfase de captación es aproximadamente igual a  $l/n$  la distancia entre colectores, donde  $n$  es el número de línea de colectores

a punto de referencia para  $S_i$

b máxima distancia entre difusores: 3 m, máxima distancia entre aspersores: 5 m.

**Figura 1 — Disposición del colector para determinar la distribución de agua de las máquinas de riego de pivote central**



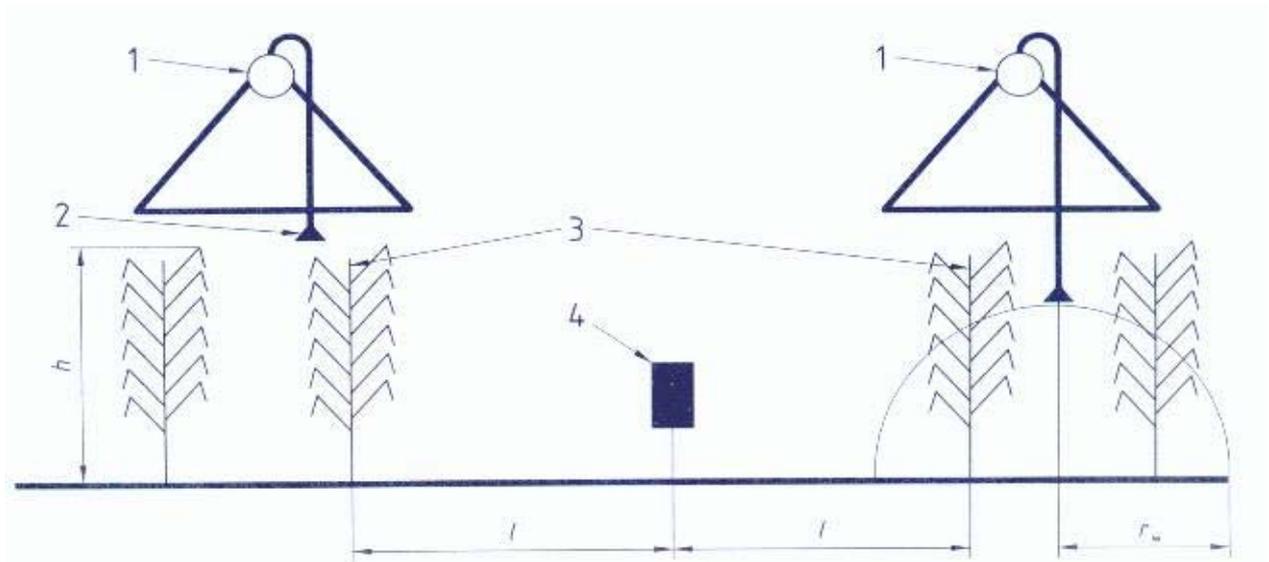
Símbolos

- |   |  |
|---|--|
| 1 Huellas de las ruedas                               | 4 Zona de compensación                 |
| 2 Máquina de Desplazamiento Frontal                   | 5 (i)- colector de (j)- línea o hilera |
| 3 Posición arbitraria de referencia para la distancia | 6 Espaciamiento entre colectores       |

NOTA El desfase de capacitación es igual aproximadamente a  $l/n$  la distancia entre colectores, donde  $n$  es el número de líneas de colectores

A máxima distancia entre difusores: 3 m, máxima distancia entre aspesores: 5 m.

**Figura 2 — Disposición del colector para determinar la distribución de agua de las máquinas de riego de desplazamiento frontal**



a) Caso A: Boquilla sobre la cubierta del cultivo  
( $l \geq 2h$ )

b) Caso B: Boquilla debajo de la cubierta del cultivo  
( $l \geq 1,25 r_w$ )

Símbolos

1 Tuberías

2 Boquilla

3 Obstrucción ( cultivo)

3 colector

$r_w$  Radio mojado

$h$  Altura del obstáculo

**Figura 3 — Ubicación del colector cuando hay obstrucciones del cultivo durante el ensayo**

**Anexo A**  
(Normativo)

**Información requerida para los modelos de reporte del ensayo y hojas de muestra de los datos**

**A.1 Hoja de datos de la máquina y el campo**

Identificación del ensayo:-----

Localización del ensayo: -----

**Descripción de la máquina**

Modelo/ fabricante:-----

Número de torres:-----

Distancia entre el punto de pivote y la última torre: -----m

Longitud de la máquina:

Segmento 1:-----m Segmento 2-----m Segmento 3 -----m

Diámetro de la tubería del lateral

Segmento 1:-----mm Segmento 2 -----mm Segmento 3:----- mm

Tipo de aspersor:-----

Cañón Final: Área aproximada regada con

--Cañón Final cerrado: -----ha

--Cañón Final abierto: -----ha

Altura Nominal de la boquilla sobre el suelo-----m

Altura del colector sobre el terreno-----m

**Condiciones de operación**

Presión de ensayo-----kPa

Velocidad de la máquina

--Pivote central, última torre-----m/ h

--Máquina frontal-----m/ h

--Selector de velocidad-----%

--Tiempo de duración una vuelta-----s

**Condiciones Climáticas, al comienzo y al final del ensayo**

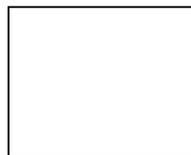
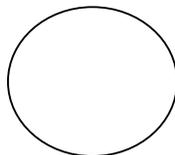
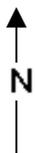
<b>Temperatura del bulbo seco</b>	<b>Humedad Relativa ó Temperatura del punto de rocío</b>
Comienzo ----- °C	----- % ó °C
Final ----- °C	----- % ó °C
Promedio----- °C	----- % ó °C

**Evaporación desde los colectores controles**

<b>Colector No</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Promedio</b>
Volumen Inicial	-----ml.	-----ml	-----ml	-----ml
Hora del día de la medición	-----	-----	-----	-----
Volumen Final	-----ml	-----ml	-----ml	-----ml
Pérdida	-----ml	-----ml	-----ml	-----ml
Tiempo transcurrido	-----h	-----h	-----h	-----h
Tasa de pérdida, E i	----- ml/ h	-----ml/ h	-----ml/ h	-----ml/ h

**Representación del campo**

Muestra de la localización del lateral, durante el ensayo.



Pivote Central

Máquina de desplazamiento frontal

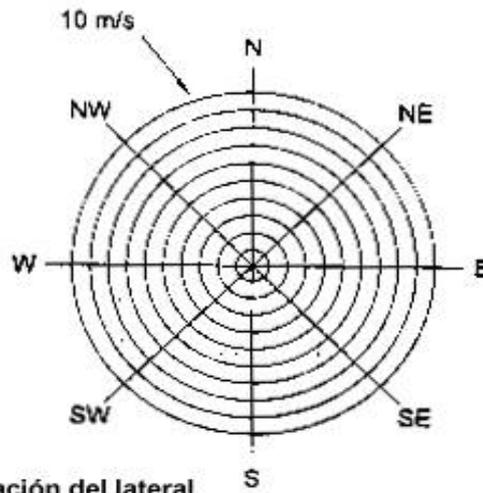
**Información sobre el viento**

Trazar el vector del viento, para cada medición.

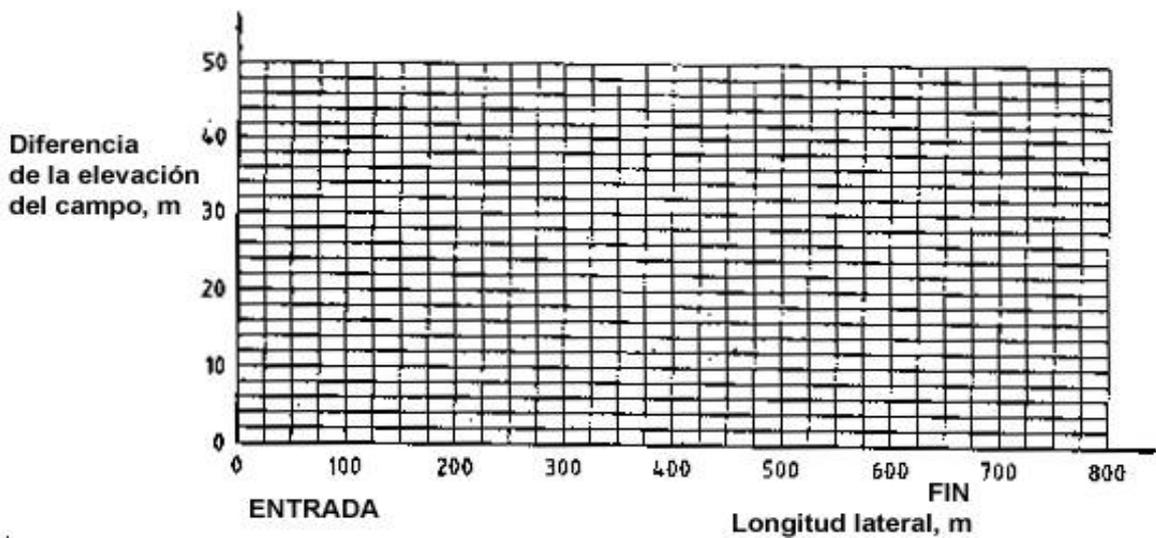
NOTA Cada círculo concéntrico es equivalente a 1 m/ s; el círculo exterior es igual a 10 m/ s.

Máxima velocidad del viento, acordada para el ensayo: ----- m/ s

Velocidad media del viento, durante el ensayo: -----m/ s



Trazar en un gráfico la elevación de campo aproximada y relativa del lateral, durante el ensayo.



**A.2 Muestra de la hoja-registro de los resultados del ensayo**

Identificación del ensayo:-----

Número de la línea de colectores:-----

Diámetro de los colectores (Dc):-----mm

Área de captación del colector[Ac=0.725(Dc)<sup>2</sup>]:-----mm<sup>2</sup>

Espaciamiento nominal de los colectores:-----m

Espaciamiento nominal entre las líneas de los colectores:-----m

Zona de compensación entre las líneas de colectores:-----m

Evaporación media, desde los colectores de control (E i)----- ml / h

No. del colector	Indicación para datos eliminados <sup>a</sup>	Distancia desde el punto de pivote hasta el colector <sup>b</sup>	Volumen Captado ml	Volumen captado ajustado <sup>c</sup> ml	Lámina aplicada <sup>d</sup> mm	Producto de la distancia por el volumen <sup>e</sup>	Observaciones
i		Si	V ci	Vi	di	Si Vi	
		∑ Si		∑ Vi		∑ SiVi	

a símbolo del dato eliminado

b se ignora esta columna en los sistemas formados por máquinas de movimiento frontal.

c el volumen, ajustado, es igual a la cantidad de agua recogida en cada colector, más el volumen promedio evaporado, desde el colector control durante el tiempo (ti).

$$V_i = V_{ci} + E_i T_i$$

d ver 2.9:  $d_i = 1000 V_i / A_c$

e El producto de la distancia por el volumen, es usado solamente para el cálculo del Coeficiente de uniformidad de los pivotes centrales

**A.3 Hoja Resumen del ensayo**

Identificación del ensayo-----

Radio humedecimiento del aspersor o boquilla final (2.8):-----m

**Pivote central**

Distancia desde el punto de pivote hasta el aspersor o difusor final-----m

Radio efectivo (2.6):-----m

**Máquina de avance frontal**

Distancia entre los dos aspersores o difusores más distantes:-----m

Distancia desde la tubería, que suministra el agua:-----m

Longitud efectiva (2.7):-----m

Cantidad de colectores instalados:-----

Cantidad de colectores usados en el análisis(n):-----

Porcentaje de colectores excluidos del análisis:-----%

Causa(s) de la exclusión: -----

-----

**Promedios ponderados**

**Línea de colectores**

**1 2 3 4 Total o combinado**

**a) Pivote Central**

Suma de los productos de volúmenes (masas ó láminas) y distancia

$$\sum_{i=1}^n ViSi$$

= \_\_\_\_\_

Suma de las distancias

$$\sum_{i=1}^n Si$$

= \_\_\_\_\_

Volumen promedio ponderado (masa o lámina)

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

= \_\_\_\_\_

Coefficiente de uniformidad

$$C_{uH} = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Vi - \bar{V}_w| S_i}{\sum_{i=1}^n |Vi * V_1|} \right)$$

= \_\_\_\_\_

b) Máquina de avance frontal

Volumen promedio ( masa o lámina)

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

= \_\_\_\_\_

Coficiente de Uniformidad

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

= \_\_\_\_\_

**Bibliografía**

[1] -Heerman, D.F.and Hein,P.R. Performance characteristics of self- propelled center pivot sprinkler irrigation systems.Transactions of the ASAE, 1986,11, 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, Corner Pivot, and Moving Lateral Irrigation Machines Equipped with Spray or Sprinkler Nozzles.