

## Captación de lluvia con pluviógrafos de cubeta y su postprocesamiento

Prof. Dr. Alcides Juan León Méndez  
Centro de Investigaciones Hidráulicas, CUJAE, La Habana  
e-mail: [aleonm@cih.cujae.edu.cu](mailto:aleonm@cih.cujae.edu.cu)

Ing. Arturo Hernández González  
Centro de Investigaciones Hidráulicas, CUJAE, La Habana  
e-mail: [arturo@cih.cujae.edu.cu](mailto:arturo@cih.cujae.edu.cu)

Inv. Maray Garrido Monagas  
Centro de Investigaciones Hidráulicas, CUJAE, La Habana  
e-mail: [maray@cih.cujae.edu.cu](mailto:maray@cih.cujae.edu.cu)

Ing. Arlex Israel Andalia Gilbert  
Centro de Investigaciones Hidráulicas, CUJAE, La Habana

### RESUMEN

El pluviógrafo está diseñado para determinar la intensidad de la lluvia durante largos periodos de tiempo. El desarrollo tecnológico de los pluviógrafos ha ido avanzando y hoy existen diferentes variantes de pluviógrafos que emplean los avances de la electrónica y la informática para la captación, almacenamiento y postprocesamiento del dato de lluvia. Se presentan en el trabajo las características de la captación de la lluvia y el postprocesamiento del dato almacenado para un modelo de pluviógrafo automatizado cubano desarrollado en el Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH). Los resultados y las conclusiones del trabajo son aplicables a los pluviógrafos de nueva generación que empleen el sistema basculante para medir la intensidad de la lluvia.

**Palabras clave:** intensidad de la lluvia, pluviógrafos.

## Rainfall reception with bucket raingauge and its post-processing

### ABSTRACT

A pluviograph type raingauge is designed to determine rainfall intensity during long periods of time. The technological development of the pluviograph has been advancing and today different pluviograph models include advances in electronics and computer science for the reception, storage and postprocessing of rainfall intensity data. The characteristics of the rainfall reception and postprocessing of the stored data are presented in this article for a model of automated Cuban raingauge developed in the Hydraulics Research Center (CIH). Results and conclusions of the work are applicable to the new generation of bucket raingauges using the same bascule system to measure rainfall intensity.

**Keywords:** rainfall intensity, bucket raingauge.

## INTRODUCCIÓN

La intensidad de la precipitación se expresa como lámina por unidad de tiempo y es práctica internacional emplear milímetros por hora (mm/h) para cuantificarla. La precipitación atmosférica de gotas de agua en estado líquido tienen, generalmente, un diámetro igual o mayor que medio milímetro, y caen, en el aire en calma, con una velocidad superior a un metro por segundo pudiendo sufrir disgregación secundaria si los diámetros son muy grandes y la velocidad de caída supera los dos metros por segundo (León 1981).

Según Delgado y Portal (2008) sus intensidades pueden clasificarse en:

- Débiles: intensidad menor o igual que 2 mm/h.
- Moderada: intensidad mayor que 2 mm/h y menor o igual que 15 mm/h.
- Fuerte: intensidad mayor que 15 mm/h y menor que 30 mm/h.
- Muy fuertes: intensidad mayor que 30 mm/h y menor o igual que 60 mm/h.
- Torrenciales: intensidad mayor que 60 mm/h

El pluviógrafo es un instrumento meteorológico empleado en el estudio y análisis de las precipitaciones. La base teórica que sustenta su funcionamiento y su uso está estrechamente relacionada con la del pluviómetro. El pluviógrafo tiene por función registrar de forma continua la cantidad de precipitación caída en un período de tiempo determinado, aunque se diferencia del pluviómetro en que además es capaz de registrar la intensidad de las precipitaciones, así como su variación en el tiempo.

El registro de la precipitación puede realizarse a base del peso, volumen o altura de la lámina precipitada. Los pluviógrafos basados en peso registran en un gráfico el peso acumulado del agua precipitada. Por su parte los basados en volumen registran el volumen precipitado de forma gráfica o digital. Con los registros pluviográficos es posible conocer la distribución temporal de las lluvias reflejada gráficamente en la curva de masa. Por tanto se puede plantear que un pluviógrafo no es más que un pluviómetro al que se le ha añadido un sistema de registros cronológicos de las alturas de agua precipitadas.

El pluviógrafo es un invento del siglo XIX. Los primeros registros que se archivan datan del pluviógrafo de balancín de Walravens en enero de 1893, el pluviógrafo de balancín de Hottinger en septiembre de 1896 y el pluviógrafo de flotador de Hellmann-Fuess de mayo de 1898. Sin embargo, la primera patente es del pluviógrafo de flotador presentada por Chappell en mayo de 1938 (Chappell 1938).

En abril de 1966 fue patentado el primer pluviógrafo con registrador gráfico de mediciones automáticas, (Barker 1966). Consiste en un modelo de pluviógrafo de balancín en el que cada vaciado de las cubetas activa un interruptor magnético que cierra un circuito generador de un pulso eléctrico que se registra y se muestra en un contador enmarcado en la pared del pluviógrafo. A partir de ese momento los pluviógrafos automatizados de balancín han ido en constante desarrollo, contando cada vez con más facilidades.

Las necesidades del desarrollo de la actividad hidráulica en el país han conducido al diseño y desarrollo de un pluviógrafo automatizado empleando tecnología electrónica para su construcción e implementando un programa para procesar la base de datos recolectada digitalmente.

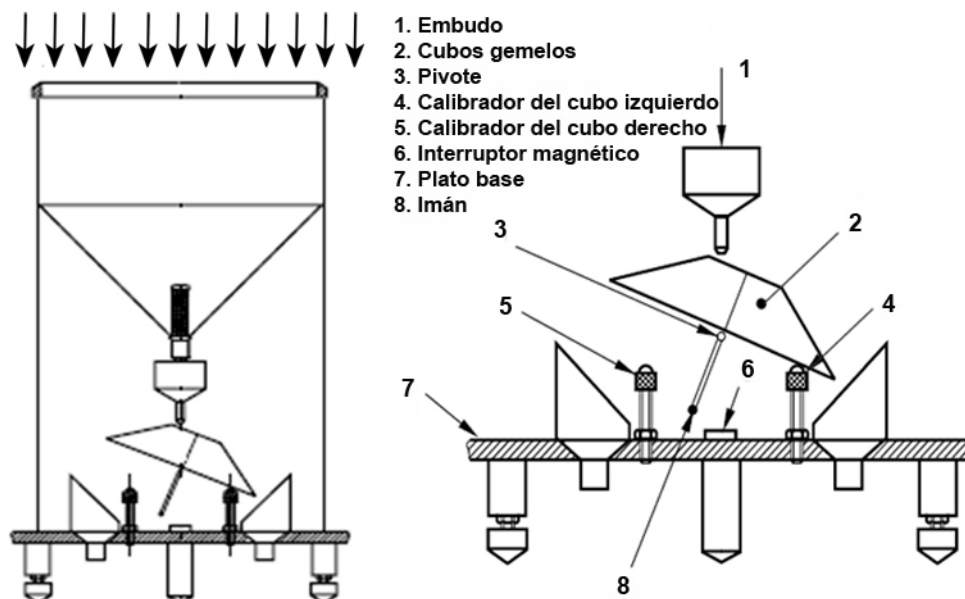
## PLUVIÓGRAFO CUBANO DE CUBETA

Un pluviógrafo de cubeta es un instrumento que mide las precipitaciones mediante un mecanismo de cubos calibrados de idénticas proporciones que señalizan el volumen de precipitación obtenido mediante una acción de conmutación. La conmutación del mecanismo de cubeta vacía la lluvia colectada en uno de los cubos y pone al otro cubo listo para continuar el proceso de medición, figura 1.

La conmutación del mecanismo del balancín de las cubetas es generada cuando el peso de la precipitación caída almacenada en uno de los dos cubos del balancín provoca un desbalance respecto al otro cubo que forma la estructura, causando que el mecanismo conmute rápidamente y se vacíe el agua contenida en el primer cubo. La figura 2 muestra cómo se produce la conmutación del mecanismo del balancín.

Mediciones precisas se obtienen al ajustar la altura de cada tornillo de calibración. Estos son usualmente dos tornillos donde se apoya independientemente cada uno de los cubos cuando se encuentran en estado inactivo. Aumentando la altura de un tornillo de calibración le permite al cubo respectivo mantener un volumen de agua menor antes de que el punto de balance sea excedido. Similarmente reduciendo la altura del tornillo de calibración le permite al cubo respectivo mantener un volumen mayor de agua.

Sensores electrónicos como son el caso de los interruptores magnéticos y los sensores ópticos son capaces de detectar la conmutación del balancín. En el caso de la variante cubana se emplearon sensores magnéticos para este fin.

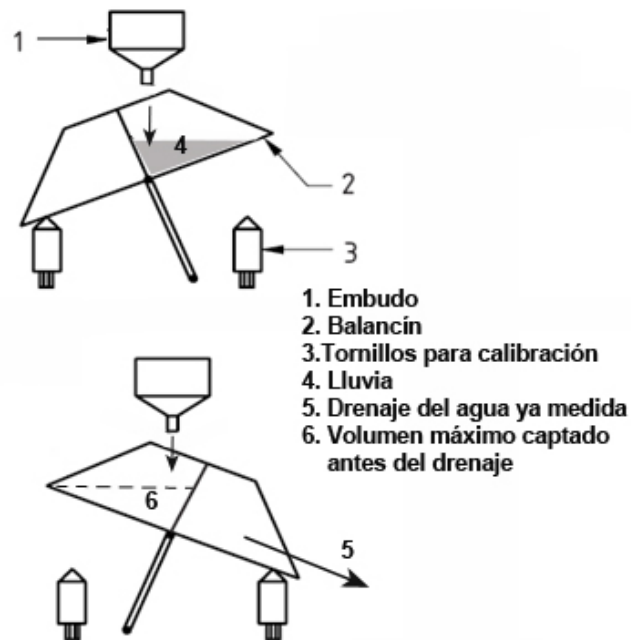


**Figura 1. Esquema del pluviógrafo de balancín**

La construcción del primer prototipo del pluviógrafo cubano de cubeta ha sido desarrollado en el Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH) por un equipo de especialistas en electrónica, mecánica e hidráulica. Para su construcción se emplearon como materiales básicos el aluminio y el polietileno de alta densidad, figura 3. Su diseño y calibración posibilitan que emita un pulso eléctrico cada 0,2 mm de lluvia caída. El área de captación es de 415 cm<sup>2</sup>. Para obtener la cantidad de lluvia precipitada en el momento de su ocurrencia este equipo va acoplado a un

registrador de datos diseñado y construido para tal fin, pero además puede ser conectado a un sistema de transmisión en tiempo real.

Un extenso análisis de este equipo puede encontrarse en Andalia (2012).



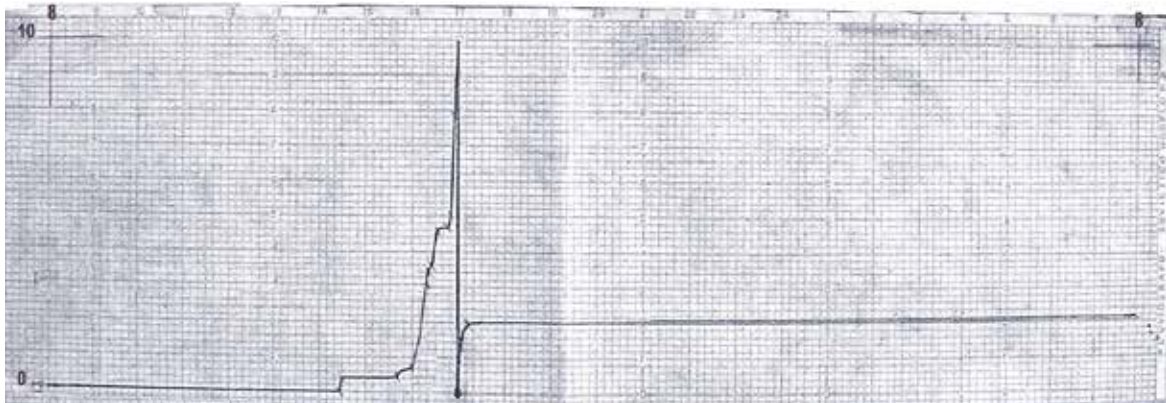
**Figura 2. Detalles del mecanismo de pivote del pluviógrafo de balancín**



**Figura 3. Vista general del pluviógrafo cubano y detalle de su balancín**

## CARACTERÍSTICAS DEL REGISTRO DE LA LLUVIA

La medición de la intensidad de lluvia en los pluviógrafos tradicionales emplea un mecanismo de relojería que mueve un tambor, en el cual va ubicada la cartilla donde se graba, por una plumilla entintada, el registro de la lluvia caída de forma instantánea. De acuerdo con el sistema de llenado y vaciado del recipiente colector estos instrumentos presentan diariamente un registro gráfico de la lluvia caída. La figura 4 ejemplifica una cartilla empleada por muchos modelos de pluviógrafos. Este caso corresponde al pluviógrafo P2 que tuvo una gran aceptación en Cuba en los últimos 40 años del siglo pasado.



**Figura 4. Cartilla del pluviógrafo P2 para veinticuatro horas de trabajo**

Estos registros, sea cual sea el modelo de pluviógrafo, deben ser postprocesados manualmente por un especialista indicando según su apreciación donde están ubicados los puntos de inflexión del registro donde se hace evidente un cambio de la intensidad de lluvia. A partir de este primer postprocesamiento se obtiene la denominada curva de masas, que no es más que la representación gráfica de la lámina acumulada como función del tiempo (pluviograma acumulativo).

A partir de esta última información se obtiene también el hietograma de la lluvia y los hietogramas y pluviogramas en intervalos fijos de tiempo (normalizados), comúnmente una hora, treinta minutos o intervalos menores, según sea la aplicación que se esté trabajando.

En los instrumentos con almacenamiento de la información por medios electrónicos es muy importante definir con exactitud la variable que se almacena y su precisión.

En el caso de los pluviógrafos de cubeta, como es el diseño cubano, el volumen de la cubeta es una constante y se almacena en una memoria no volátil el tiempo que demora en llenarse para posteriormente procesar la información. En el caso de estudio con el prototipo cubano el volumen de la cubeta es tal que representa una lámina caída sobre el embudo colector de 0,2 mm. La BS 7843-3.1 (1999) norma los requisitos que deben cumplir estos instrumentos. Los mismos aparecen en la tabla 1 en la cual se puede observar que las cubetas pueden llegar a captar láminas equivalentes hasta de 0,5 mm.

### **El tiempo de respuesta del evento llenado-vaciado**

Al ser el tiempo en que se demora el evento llenado-vaciado de una cubeta, la variable a almacenar, sobre ella recae la veracidad con que el instrumento es capaz de medir la intensidad de la lluvia.

Una primera cuestión es la decisión sobre la precisión en la medición del tiempo mientras que

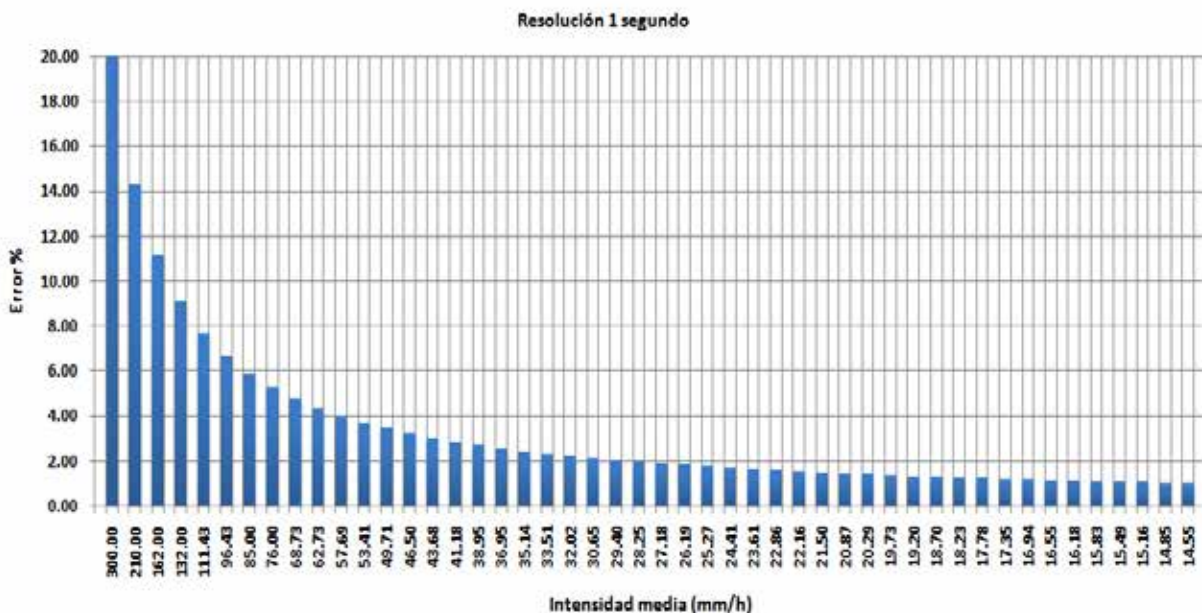
una segunda cuestión es cómo almacenar esa información. Por ejemplo, si se estuviera midiendo el tiempo con una precisión de un segundo, al almacenar la variable hay que decidir si el valor almacenado corresponde al segundo en curso o al segundo posterior. O lo que es lo mismo, si se está almacenando un evento que demora un valor de más de cuatro y menos de cinco segundos, la variable almacenada pudiera ser 4 ó 5 en dependencia de la decisión que se tomó al respecto.

**Tabla 1. Detalles sobre los requerimientos mínimos a cumplir por los pluviógrafos de cubeta basculante según la BS 7843-3.1 (1999)**

Descripción	Requerimientos mínimos
Periodo entre calibraciones	12 meses o 10000 movimientos de la báscula, de los dos el menor.
Tolerancia en la calibración	±2%
Tamaño normalizado de las cubetas	0,2 mm cada evento llenado-vaciado 0,5 mm cada evento llenado-vaciado
Repetitibilidad	±5% como promedio de largos periodos
Variación máxima entre cubetas	±2%
Variación máxima de la misma cubeta en un grupo de eventos secuenciales	±1% basado al menos en 200 eventos

Lo anterior tiene repercusión en los resultados, ya que el valor real pudiera haber sido 4.01 segundos y si se almacena 4 como valor de la variable la connotación es despreciable respecto a haber almacenado 5 como valor de la variable. Por otra parte, si no hubiera sido 4.01 sino 4.99 segundos la duración real del evento, el almacenar 4 implica un error apreciable en comparación con el almacenamiento del valor 5.

Un análisis de las consecuencias de almacenar truncando al segundo aparece en la figura 5. En la misma se ha tomado como valor máximo de intensidad 300 mm/hora que es el valor máximo que la BS 7843-3.1 (1999) establece para este tipo de instrumento.

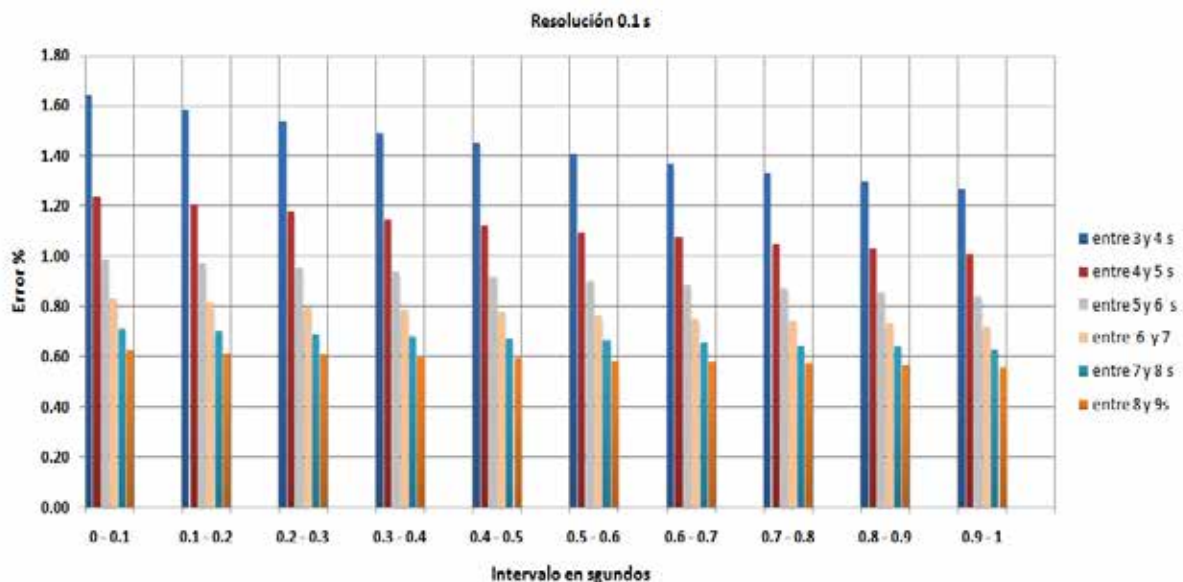


**Figura 5. Variación de los errores cometidos al truncar al segundo la lectura del evento**

Es de destacar los errores que se cometen y que solo para intensidades de aproximadamente 30 mm/hora son iguales al 2%, decreciendo a partir de ese valor.

También queda claramente expuesto que a menor valor de la intensidad media que se está midiendo los errores decrecen exponencialmente. Sin embargo son las altas intensidades de lluvia las más importantes a definir en casos de ingeniería tales como proyectos de obras hidráulicas para evacuación de crecidas, análisis de inundaciones urbanas y rurales por causa de intensas lluvias u otras.

Si la resolución se baja a 0,1 segundo los errores disminuyen apreciablemente aunque se trunque a la décima anterior. Un análisis realizado para tiempos entre 3 y 9 segundos variando los intervalos de tiempo de décima en décima de segundo y tomando como valor de la intensidad caída la correspondiente a la que se calcula con el valor medio del tiempo del intervalo, aparece graficado en la figura 6. Las intensidades para la cubeta de 0,2 mm con esos tiempos varió entre 240 y 80 mm/hora. Es destacable los bajos errores que se obtienen en las mediciones si la resolución de la lectura se toma como de 0,1 segundo.



**Figura 6. Error como función del intervalo en segundos con resolución de 0,1 segundo**

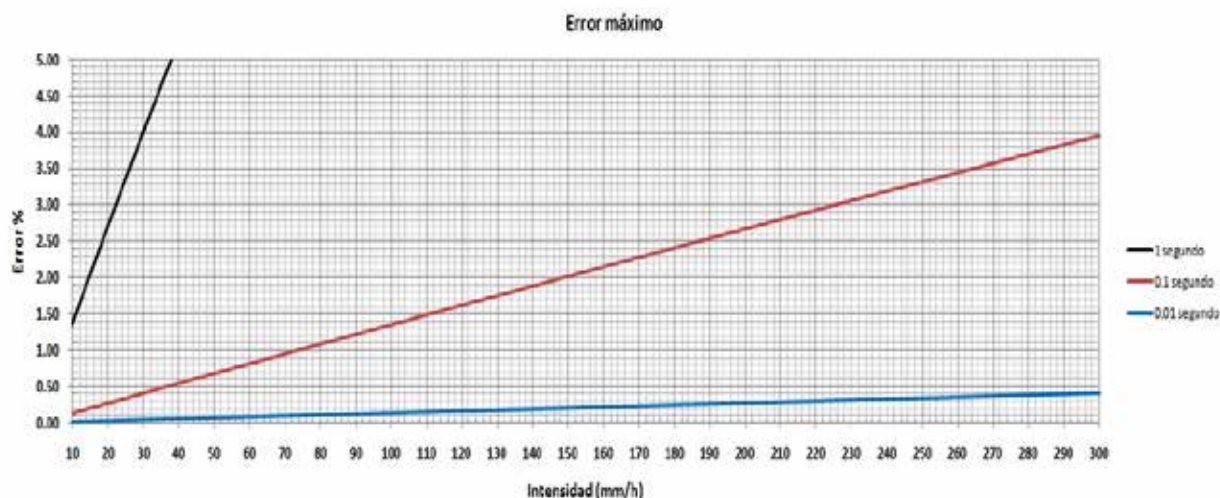
Para profundizar aún más en este aspecto se presenta la figura 7, donde aparece graficado el máximo error que pudiera cometerse al medir con resoluciones de 0,01 y de 0,1 segundo en comparación con la resolución de 1 segundo y tomando como límite máximo para las intensidades 300 mm/hora. De la información procesada puede obtenerse como resultado global, que aún en el peor de los casos los errores son menores del 4% para la resolución de 0,1 segundo y decrecen hasta 0,41 para la resolución de 0,01 segundo.

### La calibración del prototipo

Antes de acometer el estudio de la influencia de la resolución del tiempo sobre el prototipo en mediciones con intensidades controladas se realizó la calibración del instrumento en dos etapas simultáneas.

En la primera etapa se empleó una bureta clase A con una resolución de 0,05 ml, un soporte para mantener firme a la bureta sobre el pluviógrafo y un cronómetro con una resolución

de 0,001 segundo. Los pormenores de la calibración aparecen referenciados al detalle en Andalia (2012). El objetivo de esta etapa es ubicar con la mayor certeza posible los tornillos 4 y 5 que aparecen en la figura 1 y que gobiernan el proceso de llenado-vaciado.



**Figura 7. Errores máximos cometidos con diferentes resoluciones de la variable tiempo**

La segunda etapa está encaminada a precisar la posición de los tornillos con una alta resolución en el tiempo. En esta etapa la lluvia se mantiene constante mediante un simulador de lluvia de carga constante en el cual se garantiza una variabilidad de la intensidad menor que 1,2%. La determinación del tiempo de llenado-vaciado de cada cubeta se registró empleando una computadora y una interfaz que es capaz de detectar los tiempos de cada cubeta con resolución de la millonésima de segundo. En esas condiciones el instrumentista puede ir variando la posición de los tornillos para una intensidad constante hasta que los tiempos de cada cubeta sean muy similares. Esto se repite para todo el rango de intensidades en que se quiere calibrar el instrumento y al final se verifica la calibración para otros valores de intensidades que recorran todo el intervalo de valores a medir.

Una vez realizada la calibración del prototipo, este se sometió a pruebas a largo plazo para verificar la influencia de la resolución en la variable tiempo sobre el error en la medición.

### **Determinación de los errores en pruebas de larga duración**

Para verificar la influencia de la variable tiempo sobre la intensidad de la lluvia en el prototipo desarrollado y calibrado en el CIH, se construyó, por el equipo de electrónica del CIH, un instrumento capaz de precisar hasta la millonésima de segundo el tiempo que demora un evento llenado-vaciado. Esto permitió realizar un análisis profundo de los errores que se comenten al emplear menor precisión en la medición del tiempo.

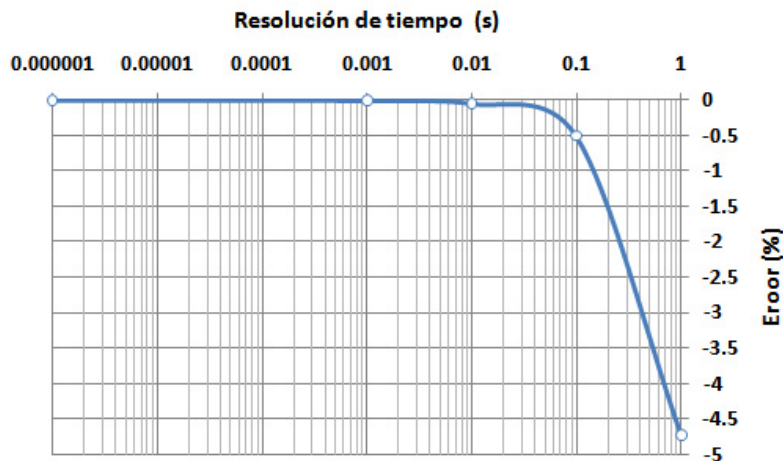
Un ejemplo parcial de la información obtenida de las mediciones y su procesamiento para el análisis con diferentes resoluciones aparece en la tabla 2.

El procesamiento de estos resultados y otras muestras evaluadas para intensidades entre 32 y 205 mm/hora, tomando como referencia la intensidad medida con la resolución de la millonésima de segundo, se muestran en la figura 8, donde quedan establecidos los bajos errores para resoluciones de 0,1 segundo y menores.



**Tabla 2. Información parcial obtenida de una prueba**

Tiempo 0,000001 s	Intensidad mm/h	Tiempo 0,001 s	Intensidad mm/h	Tiempo 0,01 s	Intensidad mm/h	Tiempo 0,1 s	Intensidad mm/h	Tiempo 1 s	Intens. mm/h
10,127823	71,091290	10,127	71,097	10,12	71,15	10,1	71,3	10	72
10,133573	71,050951	10,133	71,055	10,13	71,08	10,1	71,3	10	72
9,197523	78,281946	9,197	78,286	9,19	78,35	9,1	79,1	9	80
9,659851	74,535311	9,659	74,542	9,65	74,61	9,6	75,0	9	80
9,094565	79,168163	9,094	79,173	9,09	79,21	9,0	80,0	9	80
10,628349	67,743353	10,628	67,746	10,62	67,80	10,6	67,9	10	72
9,213910	78,142721	9,213	78,150	9,21	78,18	9,2	78,3	9	80
10,824789	66,513999	10,824	66,519	10,82	66,54	10,8	66,7	10	72
9,147956	78,706107	9,147	78,714	9,14	78,77	9,1	79,1	9	80
10,826058	66,506202	10,826	66,507	10,82	66,54	10,8	66,7	10	72
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...



**Figura 8. Errores que se cometen con el prototipo en pruebas con intensidad controlada**

**POSTPROCESAMIENTO AUTOMATIZADO DE LA INFORMACIÓN GRABADA**

En la determinación de las intensidades de lluvia a partir del uso de pluviógrafos convencionales, uno de los primeros análisis que realiza el especialista es la determinación de los “Puntos de Inflexión” (PI), figura 4, en la cartilla que se obtiene del pluviógrafo (Rodríguez et al. 2008). Cada PI indica el cambio de la intensidad de la lluvia en un intervalo de tiempo. De esta forma, de la información continua que aparece en la cartilla pluviográfica, se obtiene una serie de puntos definidos por el especialista a partir de su experiencia, que son los que se postprocesan para obtener las salidas necesarias en el análisis de las características de la lluvia.

Una vez obtenidos los PI el proceso de transformación de la información a los valores necesarios para caracterizar la lluvia puede hacerse a mano o de forma automática (León et al. 2009). En la figura 9 aparece la información de los datos entregados de la cartilla pluviométrica, postprocesada por Excel, con marcación manual de los PI.

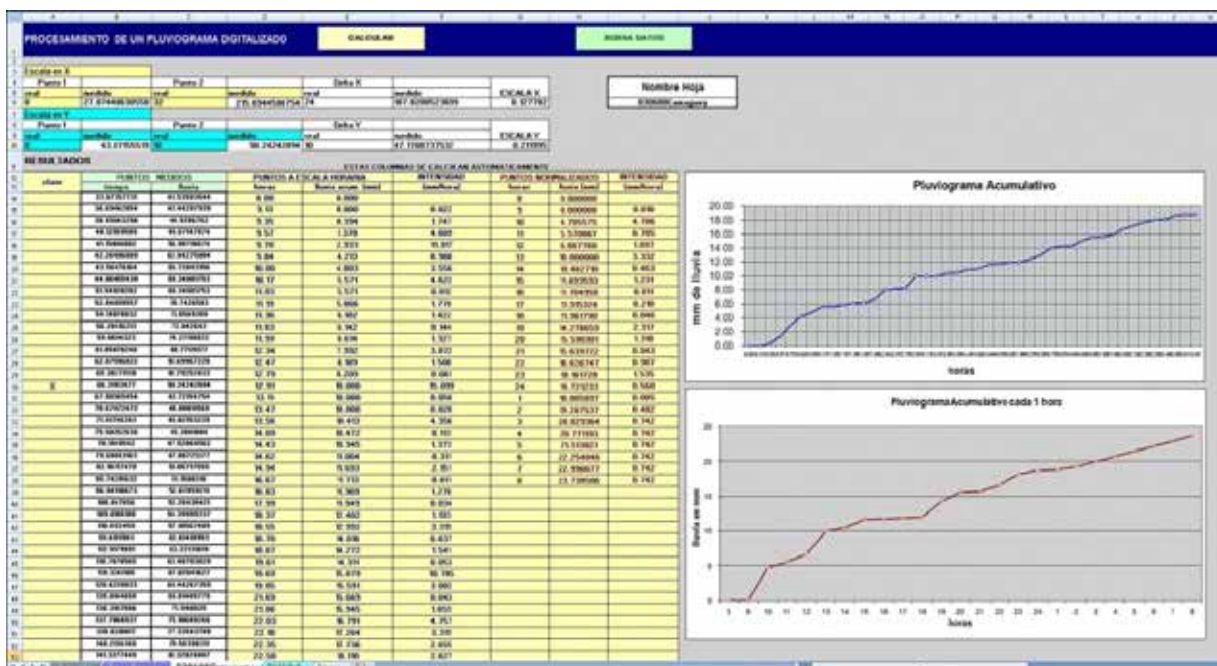


Figura 9. Hoja Excel para el cálculo con PI manuales

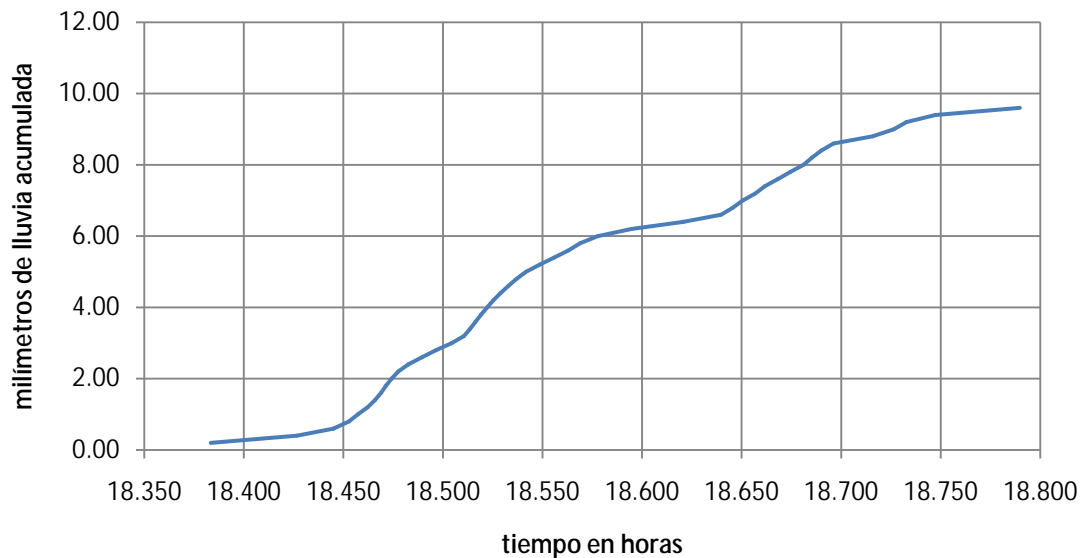
La introducción del pluviógrafo con captura de datos por medio de instrumentación electrónica crea una nueva problemática para el postprocesamiento de la información. En este caso el diseño establece que se mida el tiempo cada vez que caen 0,2 milímetros de lluvia, después la báscula receptora de lluvia se drena y queda lista para recibir los siguientes 0,2 mm.

De esta forma en vez del gráfico acumulado de lluvia lo que aparece en formato digital es una serie de tiempos (año, mes, día, hora, minutos, segundos, etc), ver tabla 3, que marcan el momento en que cayeron 0,2 mm o 0,5 mm de lluvia, según sea el diseño de las cubetas.

Tabla 3. Tabla parcial de la recolección de lluvia en el Pluviógrafo Automatizado

Seg	Min	Hora	Dia Sem	Dia Mes	Mes	Año
...	...	...	...	...	...	...
34	58	5	4	19	10	11
28	4	6	4	19	10	11
50	40	9	4	19	10	11
30	19	11	4	19	10	11
26	20	11	4	19	10	11
2	25	11	4	19	10	11
40	31	11	4	19	10	11
56	34	11	4	19	10	11
...	...	...	...	...	...	...

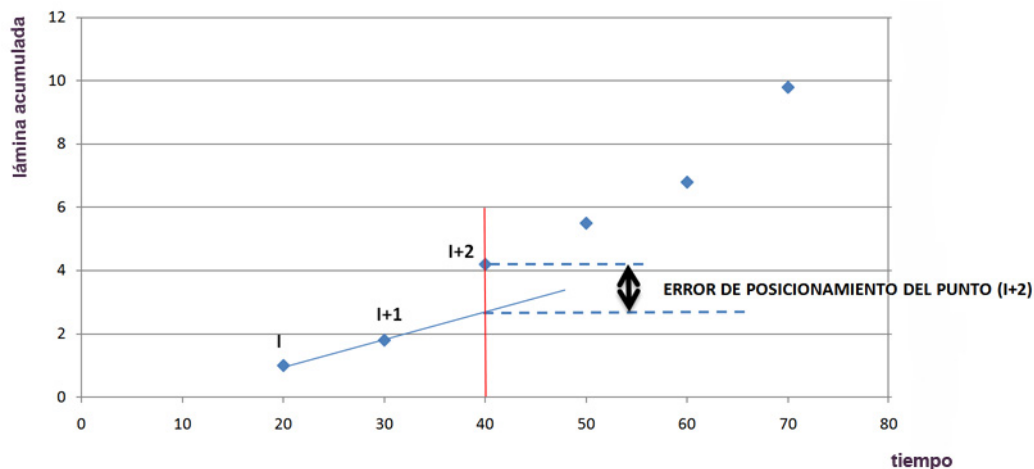
Si se procesa esta información en un gráfico de tiempo vs. lluvia acumulada durante una tormenta medida se obtiene una gráfica semejante a la que aparece en la figura 10.



**Figura 10. Lluvia acumulada en la tormenta del día 10 de septiembre del 2011 registrada en la CUJAE**

En la figura anterior se pudieran definir los PI de forma manual al igual que en el proceso tradicional, pero esta acción restaría automatismo al postprocesamiento de la información y en un proceso que se automatiza desde la captación hasta la información final de salida, esta acción manual queda totalmente fuera de lugar.

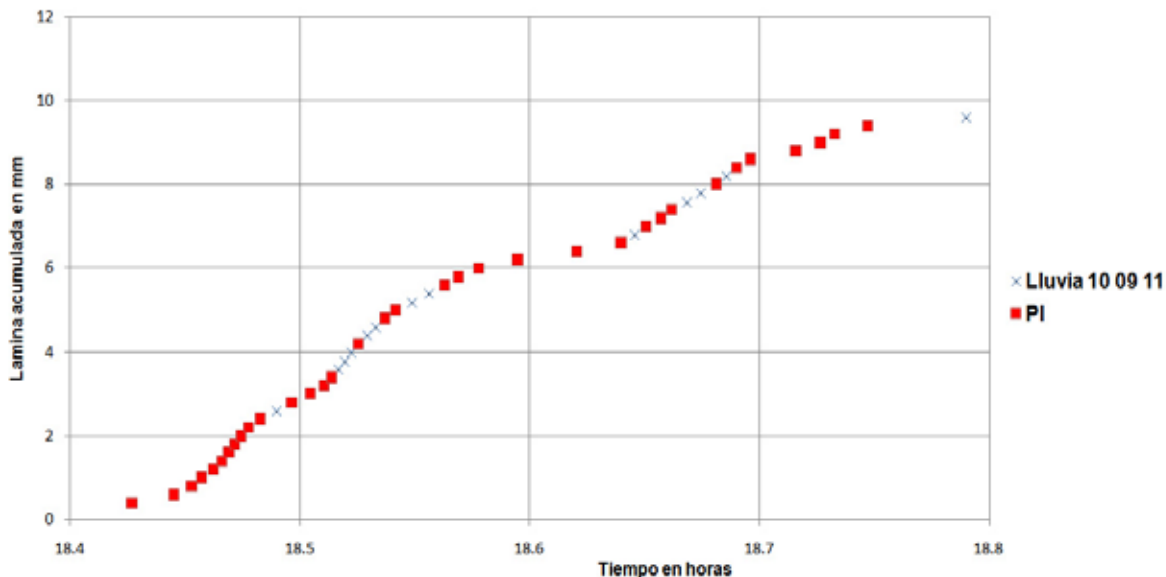
Por esta razón se analizaron y se comprobaron diversas opciones para definir los PI sin tener que recurrir a la intervención manual. Después de analizar varias alternativas y confrontaciones de los resultados con expertos se decidió la alternativa denominada Recta-Error (figura 11).



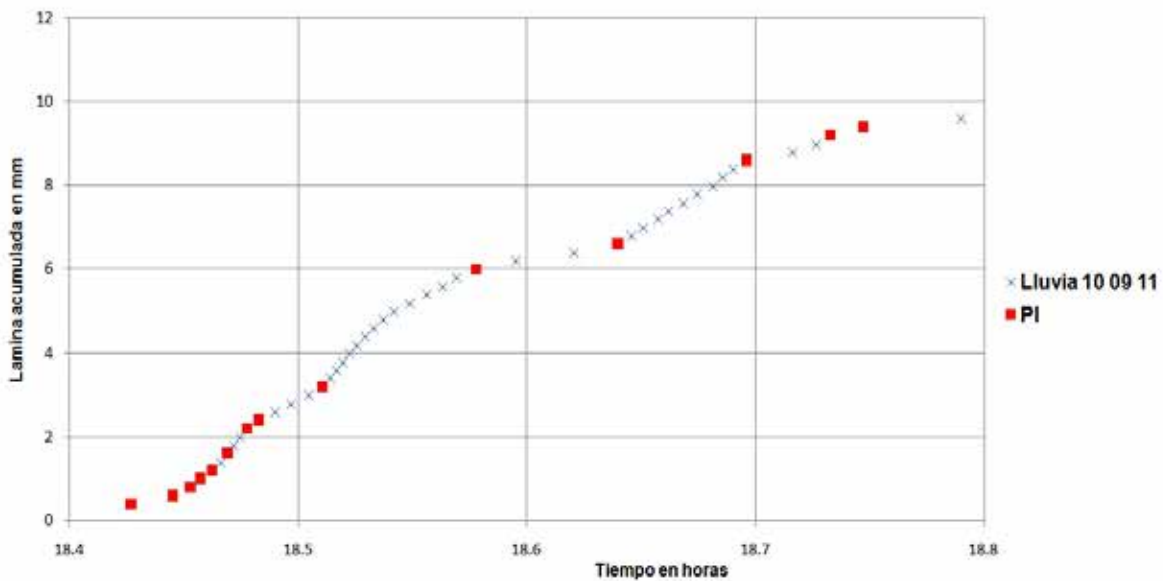
**Figura 11. Determinación de los PI de forma automática por el proceso Recta-Error**

El proceso Recta-Error analiza los resultados de cada día comenzando por la primera caída de la primera lámina de 0,2 mm. Entre los dos primeros puntos (i) e (i+1) se establece la ecuación de la recta que los une y en esa ecuación se comprueba el siguiente punto (i+2). Si el *error de*

*posicionamiento* (EPos) del siguiente punto es mayor que el *error permisible* (EPer) establecido por el especialista, ese nuevo punto se marca como PI y se pasa a analizar los siguientes puntos, si no es un PI se obtiene una nueva ecuación a partir del punto (i+1) e (i+2) y se prueba el (i+3). Así sucesivamente hasta el final de la tormenta, ver figura 11.



**Figura 12. Lluvia con los PI asociados para un EPer de 0,5%**



**Figura 13. Lluvia con los PI asociado para un EPer de 2%.**

Los resultados para la lluvia del 10/09/2011 medida en la CUJAE aparecen en las figuras 12 y 13, destacándose en cada solución el error en que se incurre en la determinación de los PI. Esto permite al especialista, mediante un proceso interactivo con el programa, analizar los PI que mejor representan la lluvia caída. Esta solución no invalida que otro especialista, o él mismo, con la base de datos original, en pocos segundos pueda obtener los resultados del postprocesamiento con otros PI diferentes a los anteriormente establecidos.

### **Programa de aplicación para la interpretación y preprocesamiento de la información contenida en la memoria de registro: PluvioProc v1.0**

PluvioProc se basa en el procesamiento Recta-Error de la base de datos de tiempo almacenada por el registrador del pluviógrafo automatizado cubano. La herramienta realiza la gestión de los equipos instalados, permitiendo la inserción, modificación y eliminación de sus datos en la base de datos, con el objetivo de tener un control del equipamiento y su funcionamiento.

También posibilita la descarga de los datos recogidos en la memoria hacia la PC, así como su almacenamiento en una base de datos para su posterior procesamiento. Otra de las ventajas es que le permite al especialista la comunicación con Excel, herramienta de amplio uso en la ingeniería hidráulica. Esta comunicación se logra al permitirle exportar los datos hacia un libro.

El hecho de que la memoria del registrador se conecte a la PC mediante el puerto paralelo podría representar una desventaja pues en la actualidad las computadoras no incorporan esta entrada, es por esto que PluvioProc 1.0 permite importar datos también desde libros Excel y, de esta manera, el procesamiento de los datos puede realizarse en cualquier ordenador.

Las principales funcionalidades que brinda la herramienta son las siguientes:

- Autenticar
- Imprimir
- Gestionar equipos
- § Insertar.
- § Modificar.
- § Eliminar.
- Descargar memoria
- § Importar datos.
- § Exportar a Excel.
- § Actualizar base de datos.
- Procesamiento
- § Cargar datos.
- § Modificar formato.
- § Calcular lámina acumulada.
- § Calcular intensidad.
- § Graficar curva de masa.
- § Calcular puntos de inflexión.
- § Graficar hietogramas.
- § Postprocesamiento de hietogramas.
- § Exportar a plantilla para uso de otro software profesional.

El procesamiento de los datos de lluvia en la versión 1.0 se centra en obtener a partir de los datos de lluvia caída, en una fecha determinada, los siguientes resultados:

- Gráfico de la curva de masa.
- Puntos de inflexión.
- Gráfico del hietograma.
- Gráfico del hietograma postprocesado (para un  $\Delta t$  constante)

Dos pantallas del programa aparecen en las figuras 14 y 15 como ejemplo de las salidas que tiene el programa. La mayor fortaleza de este complemento es que permite hacer análisis de lluvia día a día, o en grupos de días y tantas veces y con tantas alternativas de postprocesamiento como se necesite sin que las bases de datos originales se alteren.

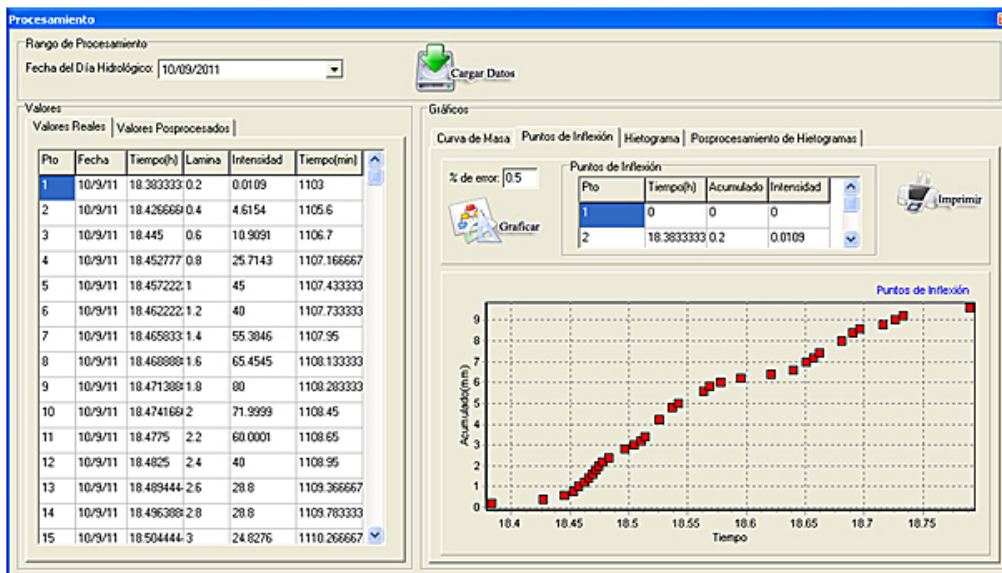


Figura 14. Pantalla mostrando los puntos de inflexión para un EPer predefinido

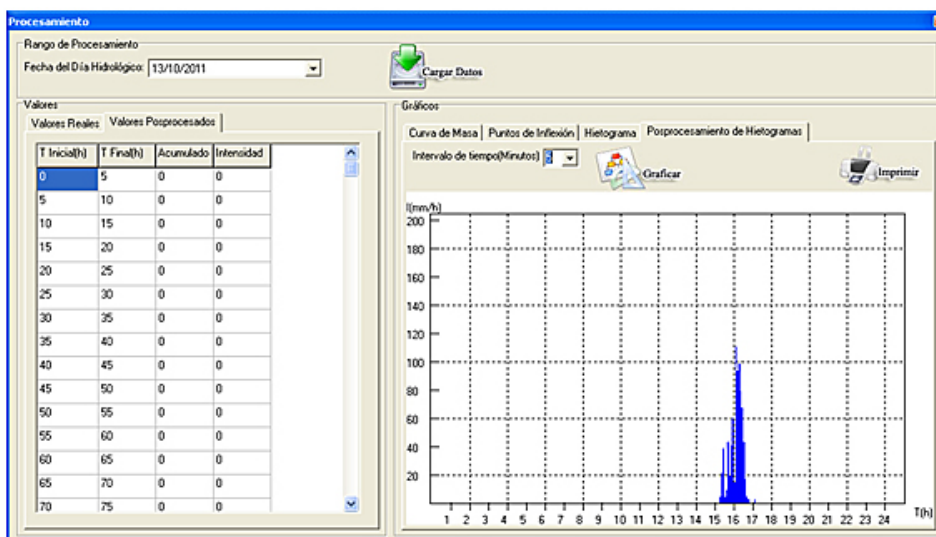


Figura 15. Pantalla de PluvioPro mostrando la salida de un hietograma postprocesado para una base de tiempo definida

## CONCLUSIONES

El trabajo presentado destaca los aspectos más relevantes de la captación de la lluvia y el postprocesamiento del dato almacenado para un pluviógrafo automatizado de cubeta basando la investigación en un prototipo desarrollado en el Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH).

Son relevantes los resultados obtenidos respecto a la resolución de la variable tiempo en la captación de la lluvia y su influencia en la respuesta que se obtiene respecto a las características de la lluvia medida y el proceso seguido para la calibración del prototipo cubano. Así mismo es destacable la solución encontrada para el postprocesamiento de la información almacenada y su presentación, lo cual permite al usuario del programa obtener, en muy poco tiempo, la curva de masa y los hietogramas de la lluvia con diferentes alternativas de las variables que intervienen en el postprocesamiento de la misma.

Los resultados y las conclusiones del trabajo son aplicables a los pluviógrafos de nueva generación que empleen el sistema basculante para medir la intensidad de la lluvia.

## RECONOCIMIENTO

Es de destacar la colaboración de los profesores Dra. Yakelín Rodríguez y del Dr. Norberto Marrero, especialistas del CIH, quienes en todo momento estuvieron disponibles para brindar sus valiosos consejos y recomendaciones.

## REFERENCIAS

- Andalia A. I.** (2012). “Estudio del comportamiento del pluviógrafo cubano de balancín con registrador electrónico”, Tesis de Diploma, CIH, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana.
- Barker A. G.** (1966). “Rain and like precipitation gauges”, U. S. Patent No. 3243999.
- BS 7843-3.1** (1999). “The acquisition and management of meteorological precipitation data- Part 3: specification for raingauges - Section 3.2: Tipping bucket raingauge”. BRITISH STANDARD, ISBN 0580450546, British Hydrological Society, Environment Agency, GAMBICA Association Ltd., London, United Kingdom.
- Chappell R. R.** (1938). “Float type rain gauge”. U. S. Patent No. 2118459.
- Delgado A. y Portal A.** (2008). “Automatización del pluviógrafo P2”, Tesis de Diploma, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana.
- León A.** (1981). “Investigaciones sobre la utilización de aspersores de largo alcance en las condiciones de la agricultura cubana”, Tesis Doctoral, Instituto Superior de Ingeniería y Arquitectura, Sofía, Bulgaria.
- León A., Rodríguez Y. y Marrero N.** (2009). “Digitalización y procesamiento automatizado para cartas pluviográficas”. IX Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica, Cayo Santa María, Cuba.
- Rodríguez Y., Marrero N. y León A.** (2008). “Consideraciones prácticas sobre las curvas IFD”. XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Montevideo, Uruguay.