

*Prof. Alfredo Rivas López*

**COMPARACIÓN DE LOS REGISTROS CLIMATOLÓGICOS EN LA TRANSICIÓN DE UNA ESTACIÓN  
CONVENCIONAL A UNA ESTACIÓN AUTOMÁTICA EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
HIDROMETEOROLÓGICA DE LA U.C.V.**

**Trabajo especial de grado a ser presentado ante la Universidad Central de Venezuela  
para optar al título de Ingeniero Hidrometeorologista**

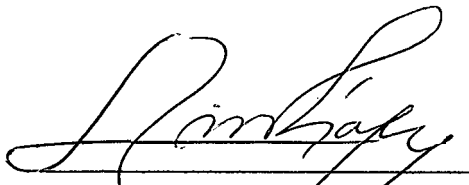
**Bachiller: Leonardo J. Matos G.**

**Tutor Académico: Prof. Abraham Salcedo**

**Comparación de los registros climatológicos en la transición de una estación convencional a una estación automática en el Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica de la Universidad Central de Venezuela**

---

Trabajo especial de Grado presentado ante la Universidad Central de Venezuela y aprobado en nombre de la misma con la nota definitiva de \_\_\_\_\_ puntos por el siguiente jurado:



---

Prof. Alfredo Rivas López

---

Prof. Jesús Sánchez Carrillo



---

Prof. Abraham Salcedo

Caracas, 29 de junio de 2000

## AGRADECIMIENTOS

Quiero asentar mi gratitud, primeramente, a la institución y profesorado de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V. por los años de formación que culminan con este trabajo especial de grado. Para la realización del mismo, va mi agradecimiento particular a quienes menciono a continuación:

Profesores Luis Hidalgo y Alfredo Rivas López por el material bibliográfico facilitado; Téc. Carlos Domínguez por los datos de la estación climatológica convencional; Lic. Francisco Ramírez en el M.A.R.N.R. por los equipos electrónicos de la estación meteorológica automática; Sr. Tirso García y su equipo en el taller de micromecánica del mismo Ministerio; Ing. Diógenes Santander por su asesoría y apoyo en el uso del sistema de adquisición de datos (y por su creación); Lic. Alberto De Lima por los equipos de teletransmisión de datos; y al compañero bachiller Iñaki Iza, por el compartido esfuerzo en la puesta en funcionamiento de la estación meteorológica automática.

Debo agradecer especialmente a mi tutor académico para este trabajo, el Ingeniero Abraham Salcedo, por haber propuesto el tema y, por supuesto, por su participación en el desarrollo del mismo. Su aporte en la última etapa de mi preparación universitaria, con un decidido enfoque hacia el ejercicio profesional, ha sido de gran valor para mi persona.

Por último, pero más allá de toda valoración posible, agradezco el apoyo incondicional de mis padres. Debo a ellos todos mis logros y a ellos dedico no sólo este trabajo y el título de Ingeniero, sino todo éxito por alcanzar en el porvenir.

## RESUMEN

En los últimos treinta años se han desarrollado e implementado numerosos sistemas de automatización de las mediciones meteorológicas alrededor del mundo. Esta aplicación práctica de nuevas tecnologías ha creado en numerosas instituciones la inquietud de que pueda producirse cierta heterogeneidad en las series de datos climatológicos, dadas las diferencias existentes entre los nuevos métodos de medición y los instrumentos tradicionales. Esta misma transición se está desarrollando en la estación climatológica del Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica de la Universidad Central de Venezuela tras la instalación y puesta en funcionamiento de una estación meteorológica automática a mediados de 1999. Por ello, se ideó un análisis comparativo de los registros de las estaciones convencional y electrónica, el cual permitiría determinar el grado de homogeneidad en la transición hacia la medición automática y establecer criterios adecuados de interpretación de la información básica cuando se utilicen los registros de ambos sistemas.

Las evaluaciones preliminares del funcionamiento de los sensores electrónicos y de los instrumentos convencionales en uso determinaron que no todos los parámetros resultaban susceptibles a ser comparados. En definitiva, se estudiaron los registros de precipitación pluvial, temperatura y radiación solar total. Se diseñaron procedimientos de comparación de los promedios de las diferencias halladas con los parámetros de incertidumbre aceptables en los distintos tipos de medición. También se desarrollaron y aplicaron evaluaciones de las diferencias para determinar la naturaleza de las mismas en función de variables como la magnitud de las mediciones, las horas del día y las tendencias del elemento medido.

Como resultado de la comparación, se encontró que los registros de radiación presentan diferencias mucho mayores que las que pueden aceptarse por la incertidumbre inherente a la apreciación de los instrumentos. En el caso de la temperatura del aire las diferencias halladas, aceptables sólo para cierto rango de temperaturas, llevaron a concluir que ellas se deben a factores no atribuibles a la calibración de los instrumentos. En la evaluación de la precipitación diaria acumulada se encontró que las mediciones pueden estar considerablemente influenciadas por la actual ubicación del sensor electrónico, resultando en que éste arroje registros más bajos que aquellos del pluviógrafo convencional.

Factores como la limitación del tiempo disponible para el estudio, las limitaciones planteadas para la pluviosidad y la necesidad de un mayor número de mediciones para ciertos rangos de los elementos llevan a que los resultados obtenidos no sean de carácter definitivo. Surgieron pues diversas recomendaciones en cuanto a la continuación del lapso de comparación, la utilización de las correlaciones halladas entre los registros de ambos tipos de instrumentos y el emplazamiento de los instrumentos de la estación climatológica U.C.V. y sus procedimientos de registro, así como de la metodología del trabajo comparativo.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
1. ANTECEDENTES .....	4
1.1. <i>Historia de la estación climatológica U.C.V.</i> .....	4
1.2. <i>Motivaciones para la automatización</i> .....	4
1.3. <i>Instalación de la Estación Meteorológica Automática en la U.C.V.</i> .....	5
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. <i>Objetivo general</i> .....	7
2.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	7
3. MARCO METODOLÓGICO .....	8
4. MARCO TEÓRICO.....	11
4.1. <i>Los elementos meteorológicos</i> .....	11
4.2. <i>La medición meteorológica</i> .....	11
4.3. <i>La estación meteorológica convencional</i> .....	14
4.4. <i>La estación climatológica convencional de la U.C.V.</i> .....	15
4.5. <i>La estación meteorológica automática</i> .....	32
4.6. <i>La estación meteorológica automática de la U.C.V.</i> .....	33
5. PROCEDIMIENTOS.....	41
5.1. <i>Actividad previa: Proceso de instalación y puesta en funcionamiento de la EMA</i> .....	41
5.2. <i>Actividad previa: Mantenimiento de los instrumentos convencionales</i> .....	42
5.3. <i>Selección de las variables climatológicas a evaluar en la estación U.C.V.</i> .....	42
5.4. <i>Establecimiento de un periodo común de registro para ambos sistemas</i> .....	45
5.5. <i>Programación y utilización del software de adquisición</i> .....	46
5.6. <i>Elaboración de archivos de datos y hojas de cálculo</i> .....	47
5.7. <i>Métodos de análisis y comparación</i> .....	48
5.8. <i>Consideraciones particulares</i> .....	53
6. RESULTADOS .....	56
6.1. <i>Radiación Solar Total</i> .....	56
6.2. <i>Temperatura del aire</i> .....	71
6.3. <i>Precipitación pluvial</i> .....	92
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	102
7.1. <i>Radiación Solar Total</i> .....	102
7.2. <i>Temperatura del aire</i> .....	103
7.3. <i>Precipitación pluvial</i> .....	105
7.4. <i>Conclusiones generales</i> .....	106
8. RECOMENDACIONES.....	107
8.1. <i>Recomendaciones particulares a la estación U.C.V.</i> .....	107
8.2. <i>Recomendaciones en cuanto a la implementación de estaciones automáticas</i> .....	108
8.3. <i>Recomendaciones en cuanto a la aplicación de la comparación</i> .....	109
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	111
TABLA DE ILUSTRACIONES .....	113
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS.....	114

## INTRODUCCIÓN

En la medición de los elementos meteorológicos e hidrológicos ha sido de un inmenso valor la ayuda aportada por los avances tecnológicos, como lo han significado la puesta en órbita de satélites artificiales con fines meteorológicos y los acelerados avances en la computación y las comunicaciones globales. Durante las últimas tres décadas ha sido fundamental el uso de sensores electrónicos y sistemas autónomos de registro y transmisión de datos, implicando ventajas de diversa índole. Entre ellas, puede destacarse la capacidad de proporcionar la información básica de manera instantánea desde diversos puntos de una red de estaciones, por remotos que ellos sean. Así mismo, el manejo de esa información en un formato compatible con las herramientas de computación facilita el proceso de análisis y la divulgación de los productos meteorológicos. Se logra además la reducción de los costos operativos de mantenimiento y atención a las estaciones, y se consigue reducir la subjetividad inherente a algunas de las mediciones tradicionales.

Para aprovechar las ventajas antes mencionadas, varias instituciones venezolanas, incluido el Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V., han tenido el interés de automatizar sus mediciones dentro del marco de objetivos de un proyecto de alcance nacional para el mejoramiento de la red hidrometeorológica de Venezuela. Estos objetivos se materializan en el programa VENEHMET, que busca una integración de todas las redes hidrometeorológicas del país (Fuerza Aérea, Armada, M.A.R.N.R., Edelca, Hidroven y otras), cubriendo todos los aspectos de los sistemas de observación, unidades centrales de procesos, pronósticos, difusión de productos hidrometeorológicos, intercambios de datos con instituciones internacionales, instrucción y apoyo logístico. Este programa dirigido por el M.A.R.N.R. ha puesto principal énfasis en mejorar las observaciones y pronósticos con el fin de beneficiar al público e industria nacionales, otorgando fundamental importancia a las áreas de seguridad pública, la gestión de recursos de agua, la seguridad aérea y marítima y la productividad industrial y agrícola. Con la instalación de la estación meteorológica automática y el desarrollo de técnicas de adquisición remota de los datos, la U.C.V. adelanta lo que será una participación efectiva en los mencionados ámbitos de acción.

En esta visión ha sido de importante consideración el garantizar la calidad de los registros climáticos, que previsiblemente pueden sufrir de cierta heterogeneidad debida a la utilización de las nuevas técnicas de medición. De hecho, en la transición de una estación meteorológica convencional hacia una estación electrónica automática existe una cantidad de cambios en la obtención de la información, puesto que los sensores electrónicos difieren de los elementos sensibles convencionales tanto en construcción como en sus principios físicos de funcionamiento. De ello pueden resultar diferencias considerables entre los datos obtenidos por los dos tipos de instrumentos.

Sin una evaluación del proceso de transición hacia la medición automática, esas diferencias pueden tener un impacto inadvertido sobre la continuidad y homogeneidad en las series de tiempo de los registros meteorológicos. Ambos aspectos son de una importancia crítica en el análisis de la variabilidad del clima y la detección de cambios climáticos. Surge entonces la necesidad de determinar la existencia o ausencia de las posibles diferencias, a fin de establecer los correctivos adecuados antes de retirar los instrumentos convencionales de las estaciones con sensores electrónicos recién puestos en servicio. El análisis comparativo a desarrollarse en este Trabajo Especial de Grado constituye una iniciativa tendiente a ese fin, a determinar la manera adecuada en que las nuevas mediciones prolonguen hacia el futuro la continuación de los registros existentes de la estación climatológica U.C.V.

Como resultado de la comparación, se encontró que los registros de promedios horarios de radiación presentan diferencias mucho mayores que las que pueden aceptarse según los criterios de precisión aplicados. En el caso de la temperatura del aire, se obtuvieron resultados distintos para distintos rangos de la temperatura medida, siendo mayores las diferencias halladas en mediciones puntuales de temperaturas altas.

En la evaluación de la precipitación diaria acumulada fue una gran limitación el hecho de que el estudio se desarrollara durante la temporada de menos pluviosidad en la región. Por ello, los resultados se restringen a precipitaciones por debajo de los 20 mm en 24 horas. Se encontró que el pluviómetro electrónico arroja repetidamente registros más bajos que aquellos del pluviógrafo convencional.

Factores como el tiempo limitado para realizar el estudio, las limitaciones planteadas para la pluviosidad y la necesidad de un mayor número de mediciones para ciertos rangos de los elementos llevan a que los resultados obtenidos no sean de carácter definitivo. Surgieron pues diversas recomendaciones en cuanto a la continuación del lapso de comparación, la utilización de las correlaciones halladas entre los registros de ambos tipos de instrumentos y el emplazamiento de los instrumentos de la estación climatológica U.C.V. y los procedimientos de registro.

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. Historia de la estación climatológica U.C.V.

Durante los primeros años de existencia del Departamento de Hidrometeorología, a partir de su fundación en 1957, las mediciones meteorológicas en la U.C.V. se realizaron con un grupo de instrumentos meteorológicos con fines pedagógicos en la Facultad de Ingeniería, en el techo del Edificio de Aulas. Posteriormente, se instaló una estación meteorológica controlada por la Fuerza Aérea, ubicada en el Jardín Botánico de Caracas.

En el año 1971 la dirección del Departamento de Hidrometeorología consiguió la aprobación de las autoridades universitarias para ocupar la que ha sido hasta ahora su sede, en las inmediaciones de la Casa Ibarra. Allí se construyó la estación meteorológica en la que se comenzó el registro sistemático de los parámetros climatológicos básicos, complementados paulatinamente hasta una configuración que llegó a contar con unos quince instrumentos funcionales.

En su estado actual, la estación cuenta con diez instrumentos convencionales para medir un total de nueve parámetros climatológicos. Con el manejo de estos instrumentos y de los datos recopilados, los estudiantes ponen en práctica las técnicas de obtención de información básica para la aplicación de los métodos de análisis y pronóstico vistos en su aprendizaje teórico. Aunque han sido muchos los equipos que se han desincorporado del servicio, debido esto mayormente a los crecientes problemas presupuestarios, se sigue adiestrando a los estudiantes en lo concerniente al funcionamiento y operación de cada instrumento convencional.

### 1.2. Motivaciones para la automatización

La automatización de las mediciones permitirá solventar problemas operativos como lo es, por ejemplo, la dificultad de disponer de personal calificado durante los períodos de asueto. Por otra parte, la adquisición de datos en un formato digital compatible con las herramientas de computación utilizadas para el análisis meteorológico y/o climatológico propiciará un ahorro

sustancial en tiempo de trabajo, en contraste con los procesos de interpretación y transcripción de los registros convencionales.

El registro digital de los datos implica de diversas maneras la posibilidad de mejorar la calidad de la información que de ellos se obtiene. Por una parte, sin las etapas de interpretación y transcripción de gráficas y lecturas, se logra la reducción de cierto grado de subjetividad que puede afectar la exactitud de los registros. Adicionalmente, el personal calificado que invierte un tiempo considerable en los procesos mecánicos de la observación puede dedicarse a actividades meteorológicas de mayor alcance, como los estudios climatológicos, la elaboración de pronósticos y la oportuna divulgación de estos productos. En este sentido debe considerarse además el potencial de divulgación que adquiere la información meteorológica procesada digitalmente, dadas las posibilidades actuales ofrecidas por las comunicaciones computarizadas como la Internet.

Si bien la automatización de las mediciones meteorológicas es bastante costosa en un principio, es de esperar en el largo plazo la reducción de costos de mantenimiento y reposición de instrumentos. Con el tiempo, los equipos electrónicos tienden a ser más baratos que los instrumentos mecánicos, cuya construcción requiere considerable trabajo de metalmecánica de precisión. Estas reducciones de costos son de mayor impacto en el ámbito de una red de estaciones, donde se suma el ahorro en personal de atención diaria a cada estación y la logística que ello conlleva.

### **1.3. Instalación de la Estación Meteorológica Automática en la U.C.V.**

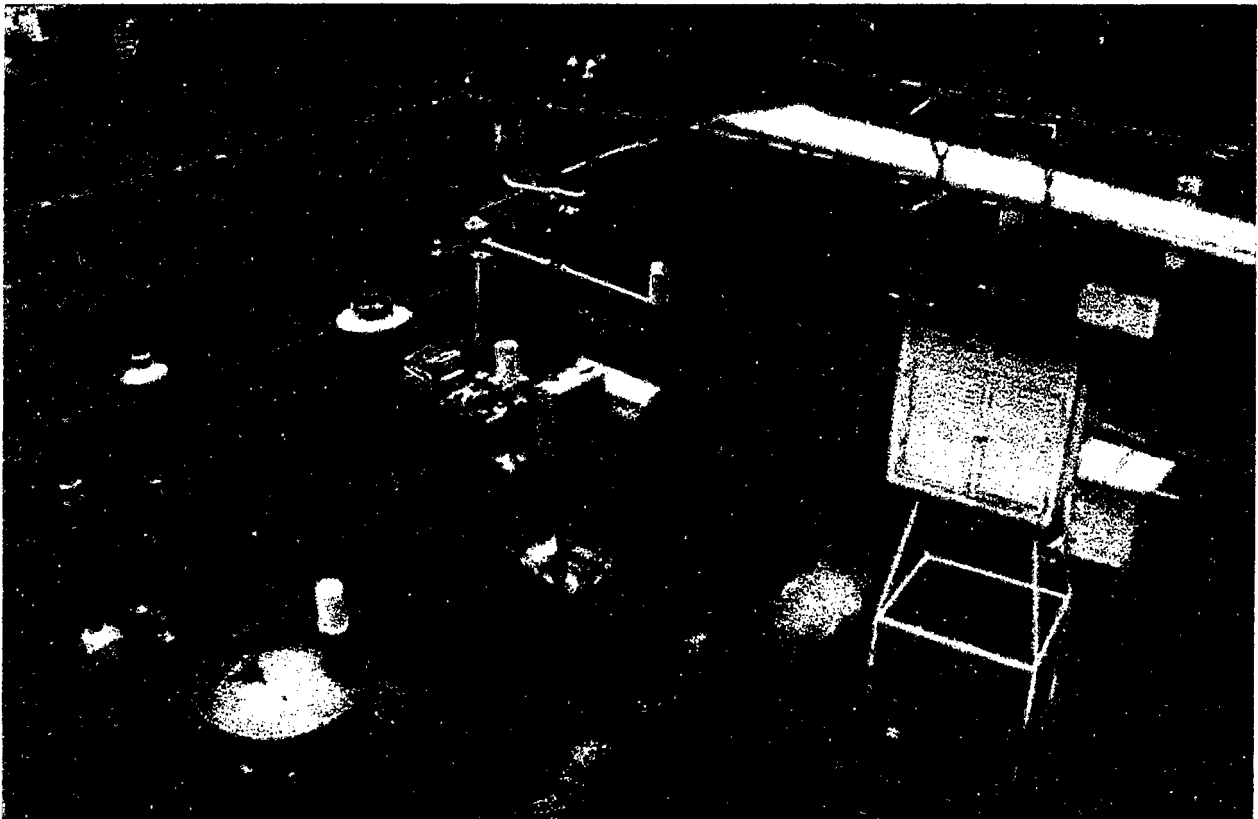
En el año 1996 el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (M.A.R.N.R.) donó al Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica un conjunto de sensores electrónicos que fueron instalados en la estación climatológica U.C.V. Sin embargo, ciertos desperfectos en el equipo de adquisición de datos no permitieron llevar un registro de las mediciones por un período cercano al año y medio, luego del cual la estación fue desmontada y enviada a los talleres del mencionado Ministerio. La situación pudo solventarse gracias a la donación de un nuevo sistema de adquisición de datos de fabricación nacional, desarrollado por la empresa Tecnum C.A. para la red de estaciones meteorológicas del M.A.R.N.R.

A mediados del año 1999, se decidió que la instalación de la estación meteorológica automática (EMA) debía realizarse en el menor plazo posible y preferiblemente con la participación de los estudiantes de la especialidad. Se esperaba obtener como resultados no sólo la instalación y puesta en funcionamiento de la estación electrónica, sino también un estudio de sus posibilidades de operación y el desarrollo de una metodología para la transición desde una estación del tipo convencional. En ese marco de ideas, surgieron dos temas para trabajos especiales de grado que propiciaran el cumplimiento de los objetivos planteados:

- Este trabajo, que busca cubrir el aspecto de la calidad de las mediciones, en previsión de las discordancias factibles de ocurrir dentro de los registros climatológicos a raíz del cambio por sensores electrónicos.
- Un trabajo especial de grado para la carrera de Ingeniería Eléctrica (especialidad Comunicaciones), que contempla las posibilidades de acceso por telemetría a los datos de la estación.

**Figura 1**

*Vista general de la Estación Climatológica U.C.V.*



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Hacer una comparación entre los datos adquiridos con los sensores automáticos y los datos recopilados por medio de los instrumentos convencionales utilizados en la estación del Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica de la U.C.V.

### **2.2. Objetivos específicos**

- A. Describir los aspectos relevantes de la medición meteorológica como medio para la obtención de información básica para los estudios, cálculos y demás procedimientos de la Hidrometeorología.
- B. Describir las características funcionales de los instrumentos mecánicos convencionales utilizados tradicionalmente en la estación climatológica U.C.V.
- C. Describir las características funcionales de los instrumentos electrónicos utilizados actualmente en la misma estación.
- D. Establecer una metodología y procedimientos de comparación de los datos de las estaciones automáticas (de sensores electrónicos) y convencionales.
- E. Aplicar la comparación y determinar la magnitud y naturaleza de las diferencias que puedan resultar.

### 3. MARCO METODOLÓGICO

Muchas de las instituciones que han automatizado sus sistemas de mediciones y registros han efectuado evaluaciones de esos procesos, incluyendo el estudio de distintos tipos de sensores en desarrollo y en funcionamiento, requerimientos operativos de las estaciones, control de calidad de los datos, y otros temas afines. En la divulgación de los resultados de esas evaluaciones ha participado activamente la Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación (CIMO) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), así como también en los esfuerzos por establecer regulaciones y recomendaciones tendientes a normalizar las técnicas de medición y registro de los elementos meteorológicos con nuevos instrumentos.

Consecuentemente, la CIMO ha promovido la realización de estudios que determinen el grado de heterogeneidad introducida en los registros climatológicos con la aplicación de nuevas técnicas de medición y el uso de nuevos sensores. Esto quedó plasmado en la Recomendación 3 de la Duodécima Reunión de la mencionada Comisión [VI], según la cual "...se insta a los Miembros (de la OMM) a que establezcan períodos transitorios en los que se harían simultáneamente mediciones comparables mediante instrumentos clásicos y nuevos instrumentos automáticos...". También se hace referencia a la importancia de estos estudios en la *Guía Sobre Sistemas Meteorológicos Automáticos y su Implementación* [II], donde se tratan numerosos aspectos de la implantación de estaciones automáticas y se dan algunas recomendaciones para la aplicación de las comparaciones entre los instrumentos mecánicos y los instrumentos electrónicos que los reemplacen.

En cuanto a experiencias anteriores en la evaluación de la transición de las estaciones convencionales hacia las automáticas pueden mencionarse trabajos como los realizados por el Servicio Meteorológico de Hungría [1] y el Servicio Meteorológico Nacional de México [2], entre otros. En el anexo 1 se incluyen los extractos de estos trabajos presentados en distintas reuniones de la CIMO.

En el primero de esos trabajos se hizo una comparación de las mediciones hechas con instrumentos convencionales y automáticos en cuatro estaciones climatológicas de la red nacional. Las conclusiones más relevantes fueron en cuanto a la calidad de los datos de **velocidad**

del viento en función del estado de funcionamiento de los instrumentos; se halló que la falta de mantenimiento y calibración en los instrumentos convencionales introducía grandes desviaciones que llevaron a recomendar la sustitución más inmediata posible de esos instrumentos por sensores electrónicos. Las diferencias halladas en la presión y la temperatura, medidas tradicionalmente con barómetros y termómetros de mercurio, respectivamente, eran sistemáticas y de poca significación. En la evaluación de la humedad relativa (con el uso del psicrómetro) se hallaron inconsistencias que no permitieron llegar a conclusiones definitivas, aunque se observó que las diferencias tendían a ser mayores para valores bajos de humedad. Las comparaciones se hicieron para los promedios mensuales de los parámetros y la significación de las diferencias fue evaluada utilizando las desviaciones estándar de las mismas.

El Servicio Meteorológico Nacional de México realizó un estudio en veintiuna de sus 64 estaciones automáticas, de donde se concluyó que las diferencias de emplazamiento y ubicación de los sensores ejercen una gran influencia en los resultados finales. Se hicieron comparaciones de los promedios horarios de temperatura, humedad, presión y precipitación. Las diferencias considerables se hallaron en valores muy bajos de humedad relativa y en precipitaciones acumuladas mayores a 5 mm en 24 horas.

Cabe mencionar que los autores de estos trabajos tomaron previsiones en cuanto a varios factores de error posibles (o, al menos, los consideraron al evaluar los resultados), que pueden agruparse en cinco categorías:

- factores inherentes a la transmisión remota de los datos,
- factores inherentes a la manipulación numérica de los datos, tales como la reducción de la presión al nivel del mar,
- factores inherentes a las diferencias de exposición de los sensores, como el uso de diferentes pantallas de protección contra la radiación para los sensores,
- factores inherentes al mantenimiento o calibración de los instrumentos convencionales, y
- factores inherentes a la calibración original e incertidumbre de los sensores electrónicos.

Existen en las publicaciones de la OMM ciertas normativas con respecto a esos factores, mayormente en lo referente a las estaciones convencionales. En la práctica, los autores de los trabajos mencionados optaron por soluciones sencillas. En la comparación realizada en Hungría, por ejemplo, no se calcularon reducciones para la presión, y los sensores electrónicos de humedad y temperatura se ubicaron dentro de las mismas pantallas protectoras de los instrumentos convencionales. En México, se recopilaron los datos de todas las mediciones en las propias estaciones, eliminando la posibilidad de errores en la transmisión vía satélite. Luego de la evaluación, se decidió reubicar ciertos sensores para solventar las diferencias observadas en los emplazamientos de los mismos. Con la misma idea, los instrumentos electrónicos instalados en la red portuguesa fueron ubicados a distancias no mayores de 0,5 metros de los instrumentos convencionales correspondientes [3].

En cuanto a las mediciones con sensores electrónicos y sistemas automáticos, existen algunas recomendaciones para su instalación, requerimientos generales y prestaciones deseables [II]. Sin embargo, y debido a la gran variedad de sensores electrónicos y sistemas de adquisición y transmisión de datos que se encuentran en funcionamiento y en etapas de desarrollo, deben continuarse los esfuerzos para garantizar la uniformidad necesaria para la integración de los distintos servicios nacionales de Meteorología e Hidrología, como se ha hecho evidente en sucesivas reuniones de la CIMO [VI]. Véanse los extractos de la documentación referente a estos señalamientos en los anexos 2.A y 2.B.

## **4. MARCO TEÓRICO**

Para propiciar la comprensión de las distintas etapas del trabajo, existen ciertos aspectos de las actividades de la Hidrometeorología que merecen ser explicados previamente:

### **4.1. Los elementos meteorológicos**

Los distintos elementos de la atmósfera, en acción conjunta, determinan lo que se llama el *estado del tiempo* en un momento dado. El estado medio de ellos en una localidad conforma el *clima* de esa región; implica períodos prolongados de tiempo en los que pueden definirse las condiciones "promedio" o predominantes.

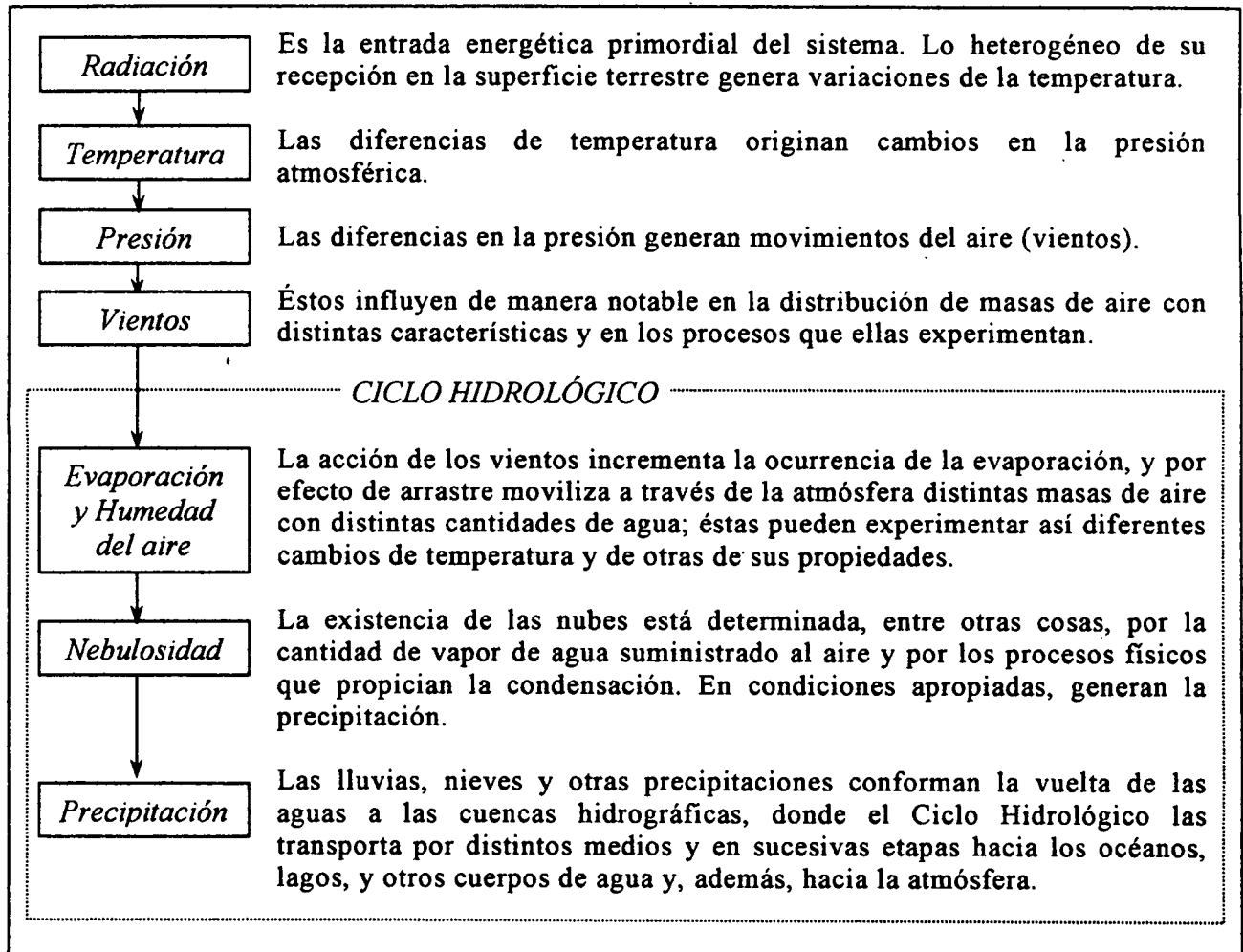
Los elementos del tiempo (y del clima) funcionan en interacciones más o menos complejas en el sistema atmósfera-hidrosfera. Las relaciones entre ellos pueden visualizarse como partes de una cadena de acontecimientos de causa y efecto, representada el esquema de la figura 2. El estado de cada uno de estos elementos en un instante dado y las variaciones que ellos sufran deben ser vigilados cuidadosamente por el Hidrometeorologista, pues en conjunto le permitirán la comprensión de los fenómenos atmosféricos y de la evolución de las situaciones analizadas.

### **4.2. La medición meteorológica**

El estudio de la atmósfera requiere de una cantidad de información básica que, sujeta a determinados análisis, permita la elaboración de mapas, pronósticos, tablas, modelos y demás productos mediante los cuales el Hidrometeorologista provee a los distintos usuarios de la información específica que ellos requieran. La adquisición de esa información básica se logra en las mediciones de ciertos indicativos que dan una idea de la situación local de los elementos atmosféricos.

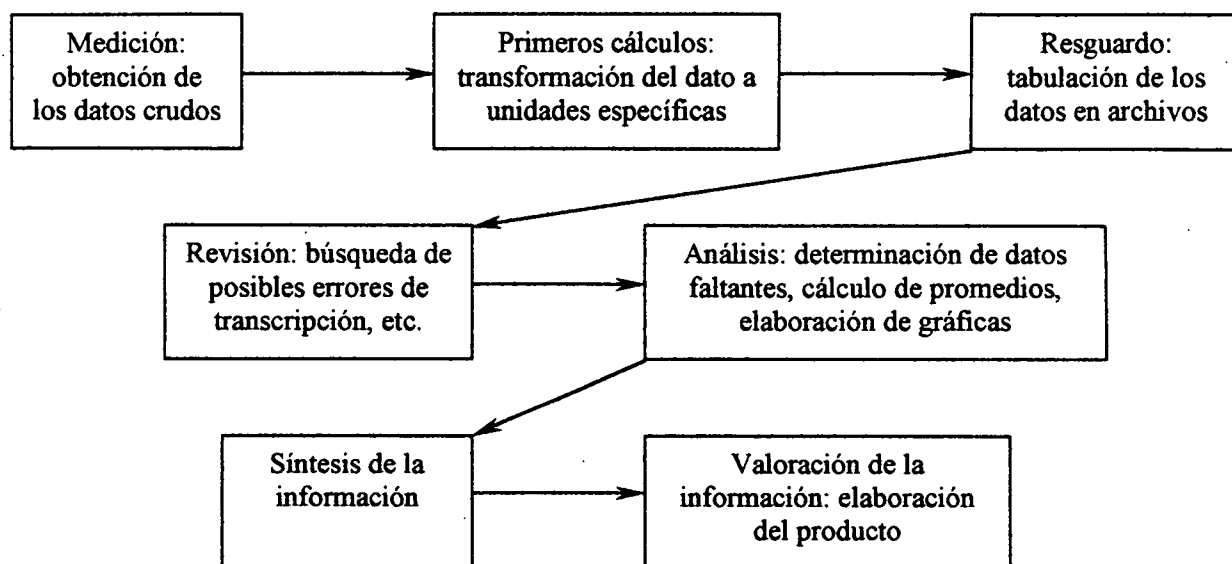
Figura 2

Esquema de elementos del sistema *Atmósfera - Hidrósfera*



Algunos elementos se pueden medir con la lectura directa de un instrumento; la definición de otros requiere diversos cálculos o la aplicación de otros métodos indirectos, y la caracterización de algunos se logra por observaciones más o menos subjetivas. La mayoría de estos datos no tienen mayor significación por sí solos; deben relacionarse unos con otros con el conocimiento de causa para así llegar a conclusiones correctas acerca del complicado comportamiento de la atmósfera terrestre. Es así que la elaboración de los productos finales de la Hidrometeorología y sus diversas ramas (pronósticos, mapas, caracterizaciones hidrológicas o climatológicas, etc.) resultan de una sucesión de etapas desde la obtención del dato y su análisis

hasta la síntesis de la información a ser valorada. El proceso general se resume esquemáticamente a continuación:



La recolección de la información básica en una localidad dada adquiere una importancia de mayor proporción si ha de considerarse como un elemento dentro de un estudio climatológico de gran envergadura. Para entender esto, debe notarse que los avances de los últimos cincuenta años en la computación han permitido que en la Meteorología se apliquen métodos de cálculo numérico cada vez más refinados, para producir mejores pronósticos y modelos climatológicos. Estos métodos y modelos numéricos se basan en cálculos a gran velocidad de ecuaciones sofisticadas de procesos físicos en la atmósfera, y requieren observaciones sistemáticas y regulares de los parámetros meteorológicos en todo el planeta.

Es obvio que para que la información utilizada en esos cálculos arroje resultados válidos, ella debe poseer cierta consistencia que puede garantizarse sólo con la normalización de los métodos de medición meteorológica. A tales efectos, la OMM cumple la importante función de establecer y divulgar ciertas regulaciones técnicas a seguir por sus países miembros. Mediante publicaciones eventuales se describen las prácticas, procedimientos y especificaciones requeridos para la uniformidad en las actividades de la meteorología internacional. Con ello, se busca un cumplimiento eficaz de los parámetros de exactitud y precisión establecidos por esta organización internacional (ver anexo 3).

### 4.3. La estación meteorológica convencional

#### 4.3.1. Descripción general

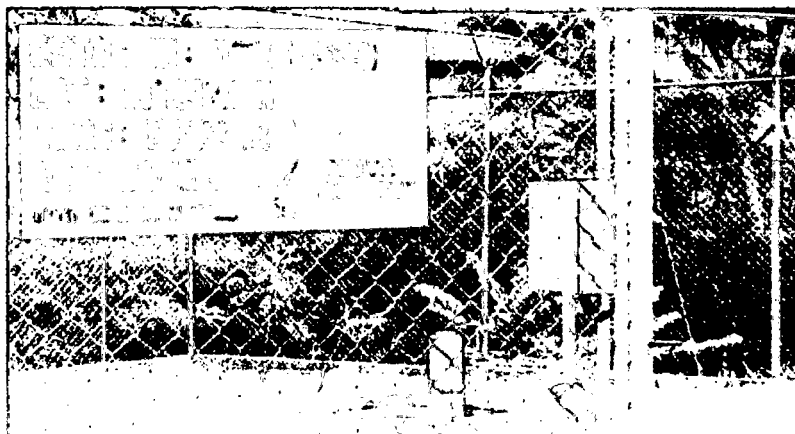
Está constituida por un conjunto de instrumentos, en su mayoría instalados a la intemperie dentro de un área determinada, con el objetivo de medir diversos parámetros meteorológicos. Debe cumplir ciertas normas para minimizar los errores en las mediciones y para contribuir a la normalización internacional de las mismas:

- el sitio de su ubicación debe ser representativo de la zona,
- no debe haber interferencia de vegetación, topografía o construcciones sobre los instrumentos,
- no debe existir interferencia entre los instrumentos,
- deben cumplirse las normas sobre mediciones y observaciones dictadas por la OMM.

Cada estación se considera representativa de un área dada en una red de medición y por ello debe estar debidamente catalogada. Suele identificarse en el sitio de su instalación con una placa metálica en la que puede leerse el nombre de la institución que la mantiene, su nombre y serial según el censo de estaciones y sus coordenadas (ver figura 3). Estos datos, además de un croquis de la estación y su ubicación, más otras observaciones pertinentes (rutinas de medición, etc.), se registran en la *ficha de la estación*, la cual se resguarda y mantiene actualizada en los archivos de la oficina que opera la estación. En el anexo 4 puede observarse la ficha de la estación climatológica de la U.C.V.

**Figura 3**

*Placa identificativa de la estación U.C.V.*



Se suele hacer una diferenciación básica entre dos tipos de estaciones: aquellas cuyo fin es el de transmitir con regularidad las mediciones hasta los centros de elaboración de pronósticos, y las estaciones que efectúan estudios a largo plazo de las características del comportamiento atmosférico de la región donde se encuentran ubicadas. Las primeras son las estaciones *sinópticas*; las últimas son las *climatológicas*.

Las estaciones sinópticas deben realizar transmisiones diarias a los centros de pronósticos a las horas establecidas por la OMM. Al recibirse en estos centros los reportes de los elementos medidos en puntos distribuidos a través de grandes regiones, se elaboran mapas sinópticos donde puede estudiarse el comportamiento general de la atmósfera en las mismas.

Las estaciones climatológicas buscan determinar el comportamiento y estado medios de la atmósfera en un sitio determinado, o sea el clima de esa región. Para este fin las mediciones deben efectuarse consistentemente durante bastante tiempo (cuanto más, tanto mejor). Para dar validez climatológica a los datos, se considera como mínimo un lapso de treinta años, el cual lleva el nombre de *período normal* si está comprendido entre ciertas fechas reconocidas internacionalmente (1961 - 1990, por ejemplo).

#### 4.4. La estación climatológica convencional de la U.C.V.

En la tabla que sigue se muestran los elementos del tiempo y el clima que se miden u observan hoy día en la estación climatológica convencional (ECC) y el resumen de los registros climatológicos logrados por el Departamento en sus casi treinta años continuos de funcionamiento.

**Tabla 1**

*Parámetros climatológicos vigilados en la estación climatológica U.C.V.*

<i>Parámetro</i>	<i>Elemento medido</i>	<i>Período de registro</i>
Precipitación diaria	mm de precipitación diaria*	1971-1999
Evaporación	mm de evaporación diaria*	1973-1999
Radiación solar total (directa y difusa)	promedio diario* de energía solar recibida por cm <sup>2</sup>	1981-1988 ; 1991-1999

continúa...

...continuado: Tabla 1

<b>Heliofanía</b>	duración de brillo solar diario*	1974-1999
<b>Viento en superficie (10m)</b>	velocidad promedio y dirección prevaliente diarios* / horarios	1974-1999 / 1981-1999
<b>Temperatura del aire</b>	promedios diarios* y horarios / valores extremos diarios*	1971-1973 ; 1977-1999 / 1971-1999
<b>Humedad relativa</b>	promedios diarios* y horarios / valores extremos diarios*	1971-1999 / 1973-1999
<b>Presión barométrica</b>	presión (en oficina) en milibares**	<u>XXX</u>
<b>Temperatura del suelo</b>	temp. a 2, 5, 10, 20 y 50 cm de prof.** y valores extremos diarios*	1974-1999

\* Períodos entre 08:00 HLV y 08:00 HLV del siguiente día

\*\* Una observación diaria a las 08:00 HLV

Puede verse en esta tabla que existen rutinas fijas de mediciones en la estación U.C.V., que pueden separarse en tres categorías según la naturaleza de la adquisición del dato.

Primeramente, existen aquellas lecturas que deben hacerse directamente de los instrumentos cada día (a las 08:00, Hora Legal de Venezuela), de las cuales se toma nota en planillas especiales para tal efecto. Las temperaturas del aire y del suelo, la humedad relativa, la precipitación y evaporación diarias y la presión barométrica conforman este grupo de mediciones.

Por otro lado, se realizan a esa misma hora las observaciones de nubosidad y visibilidad horizontal, parámetros que no son medidos con instrumentos, siendo más bien estimados por la percepción entrenada del observador. Estas observaciones se reflejan en las planillas como datos diarios, según códigos y criterios establecidos en las normativas internacionales correspondientes.

Finalmente están aquellos datos que deben interpretarse de los registros gráficos de los instrumentos registradores, para elaborar resúmenes en planillas donde se plasma el comportamiento de cada elemento meteorológico, hora a hora, a lo largo del período de registro. Estos períodos dependen de la configuración del instrumento y son semanales para los valores de precipitación, temperatura del aire y humedad relativa; las gráficas de velocidad y dirección del viento, de radiación solar y de heliofanía requieren una interpretación diaria.

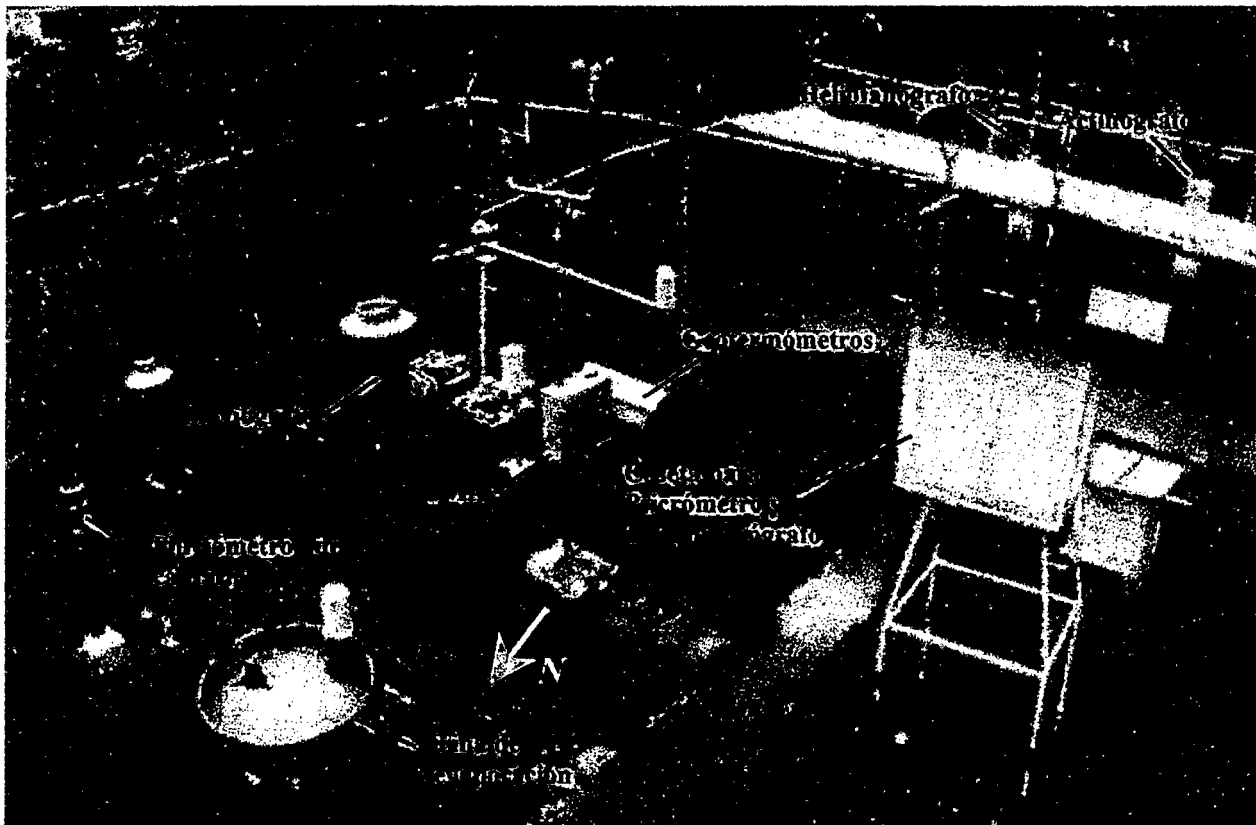
Todas estas rutinas deben llevarse a cabo consistentemente por personal técnico entrenado, quien debe encargarse además del mantenimiento básico de los instrumentos, como los cambios de las bandas de papel para el registro, la verificación del funcionamiento de los

mecanismos de relojería y la limpieza de ciertos componentes. El observador de la estación cumple así un papel esencial en la observación meteorológica, el cual implica una gran responsabilidad, dada su participación directa en las sucesivas etapas de la obtención de la información básica.

La distribución espacial de los instrumentos dentro de la estación climatológica no sigue una norma fija, pues depende muchas veces de la conveniencia que brinden la cantidad y tipo de instrumentos a instalarse en el espacio disponible. Sin embargo, existen ciertas recomendaciones de la OMM para ello, así como para la construcción misma de la estación. Éstas se pueden ver en el anexo 5.

**Figura 4**

*Disposición de los instrumentos en la estación U.C.V.*



Las especificaciones particulares de cada instrumento están normalizadas, y deben seguirse estrictamente de modo de dar validez a la comparación de la información obtenida en distintas estaciones del país, la región continental y el resto del planeta.

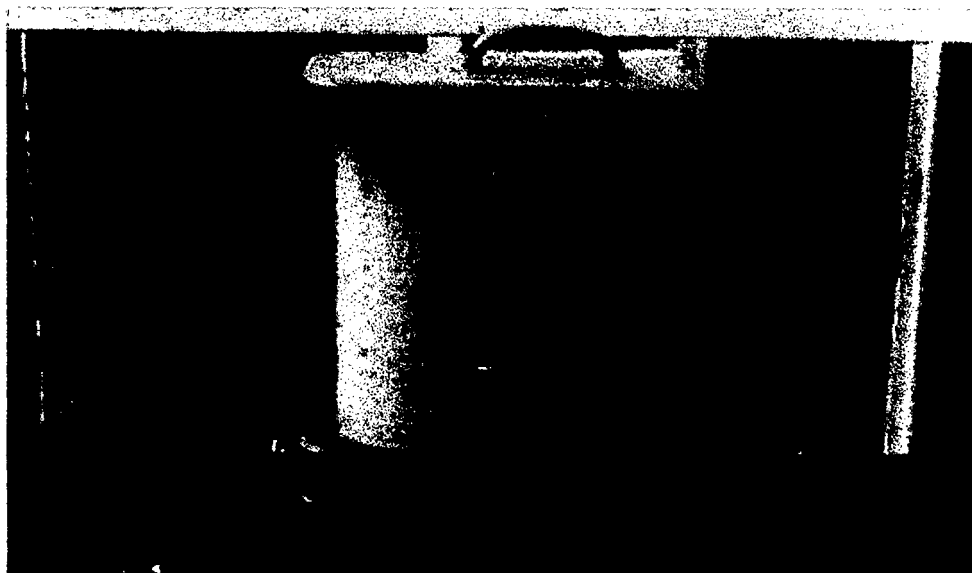
A continuación se describen los instrumentos convencionales de la estación U.C.V.:

#### **4.4.1. Temperatura del aire:**

Para fines meteorológicos, la temperatura del aire se expresa en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) y se mide dentro de una *caseta meteorológica* según normas de la OMM, para proteger al instrumento de la radiación solar y la precipitación. El instrumento utilizado es el *termómetro de mercurio*. Su principio de funcionamiento es la expansión térmica de este líquido: sobre una escala graduada se miden las variaciones en la longitud de una columna de mercurio dentro de un capilar de vidrio al vacío. El rango abarcado en la escala está entre los  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $50^{\circ}\text{C}$ ; con una apreciación de  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

El registro continuo de la temperatura se lleva con el *termohigrógrafo*, instrumento que traza líneas simultáneas de temperatura y humedad relativa sobre una banda de papel. El elemento sensible utilizado es el *arco bimetálico*, una lámina fabricada en forma de arco con dos aleaciones metálicas con distintos coeficientes de dilatación susceptibles a expansión y contracción por cambios en la temperatura. Las pequeñas deformaciones que sufre el arco son amplificadas por un mecanismo de varillas metálicas conectadas a éste, y son transmitidas a una plumilla con tinta que realiza el trazo sobre la escala en el papel. La banda de papel se fija a un tambor que gira mediante un mecanismo de relojería, sincronizado para que el trazo se haga de acuerdo a la escala de tiempo (ver figuras 5 y 7).

**Figura 5: Termohigrógrafo SIAP (fuera de la caseta)**

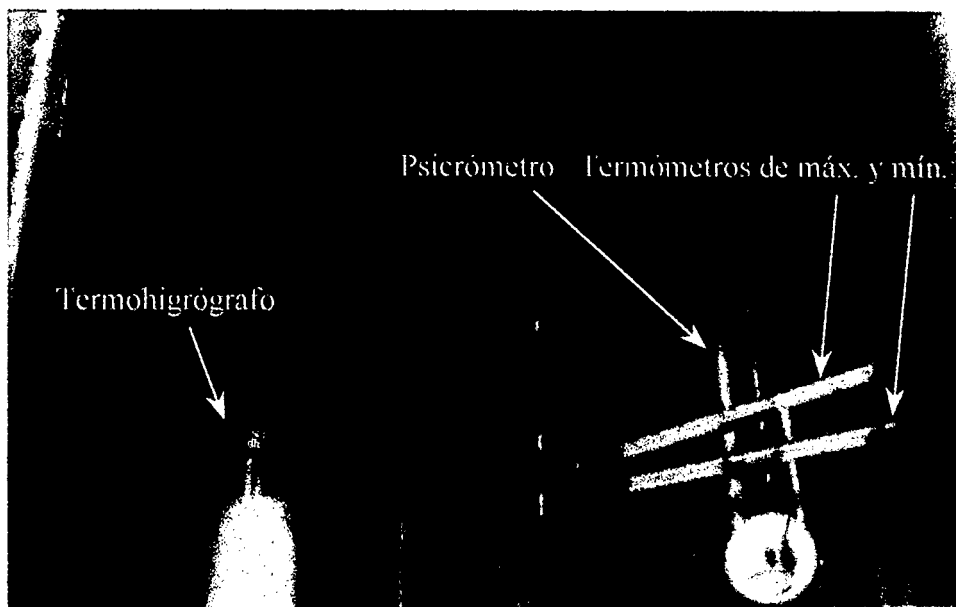


#### **4.4.2. Temperaturas extremas del aire:**

También dentro de la caseta meteorológica (figura 6), las temperaturas extremas del aire en un día se miden mediante termómetros *de máxima* y *de mínima*, los cuales incluyen dentro del capilar un pequeño indicador que se mueve con el líquido termométrico hasta que éste alcanza su mayor o menor altura, respectivamente, y queda luego fijo en esa posición. Sus horas de ocurrencia se determinan del registro del termohigrógrafo. En el caso del termómetro de máxima, se utiliza el termómetro de mercurio *de columna estrangulada*, el cual presenta una estrechez en la base del capilar que no permite que el líquido descienda por su propio peso una vez que ha alcanzado su máxima altura. En el termómetro de mínima el líquido termométrico es un alcohol cuyas propiedades de tensión superficial se aprovechan de modo que el índice sea arrastrado cuando desciende la temperatura (y el alcohol se contrae), mas no cuando el líquido se dilata (con el aumento de la temperatura).

**Figura 6**

*Interior de la caseta con termohigrógrafo, psicrómetro y termómetros de extremas*



#### **4.4.3. Humedad atmosférica:**

Como ya se señaló, el termohigrógrafo realiza un registro continuo en el tiempo de la humedad atmosférica, presentada como *humedad relativa*, que es una expresión del porcentaje de

saturación del aire bajo ciertas condiciones de temperatura. La unidad para este parámetro es el *porcentaje de humedad relativa*, un valor de cero a cien que expresa el porcentaje de vapor de agua presente en el aire con respecto al máximo que podría haber a la temperatura del momento de la medición.

El elemento sensible es un haz de cabello humano, el cual tiene la propiedad de expandirse a medida que aumenta la humedad ambiental (ver tabla 2). Los cambios en la longitud de los cabellos son transferidos mecánicamente por un juego de varillas hasta una plumilla que deja un trazo continuo de tinta sobre la banda de papel.

**Tabla 2**

*Relación Humedad Atmosférica / dilatación de haz de cabellos (Keinschmidt)*

<b>Porcentaje de Humedad Relativa</b>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	* Para la calibración, se fija la plumilla en 96% (no en 100%) al saturar de humedad el ambiente alrededor del instrumento.
<b>Porcentaje de cambio de longitud de cabellos</b>	21	39	53	64	73	79	85	91	95	100*	

El valor de la humedad relativa en un momento dado se obtiene con la utilización del *psicrómetro* (figura 8), que consta de un termómetro normal de mercurio y un termómetro *de bulbo húmedo*, también de mercurio, pero cuyo bulbo está cubierto por una muselina que el observador debe humedecer con agua destilada antes de realizar la medición. A través de las copas que alojan a los bulbos de ambos termómetros se hace pasar una corriente de aire con el uso de un *aspirador*, que es un pequeño ventilador mecánico de funcionamiento por cuerda. El aire ambiental que pasa alrededor de los bulbos genera la evaporación de cierta cantidad del agua de la muselina, esto en función de la humedad que ya hay presente en el aire. La evaporación origina una pérdida de calor adicional en el bulbo húmedo, así que la lectura en ese termómetro será menor que la del termómetro seco luego de unos pocos minutos. Con la diferencia de las temperaturas leídas y con el valor de la temperatura del termómetro húmedo se obtiene el porcentaje de humedad relativa de las *tablas psicrométricas*, las cuales están elaboradas específicamente para cada tipo de psicrómetro.

Figura 7

Detalles de termohigrógrafo Muller de haz vertical

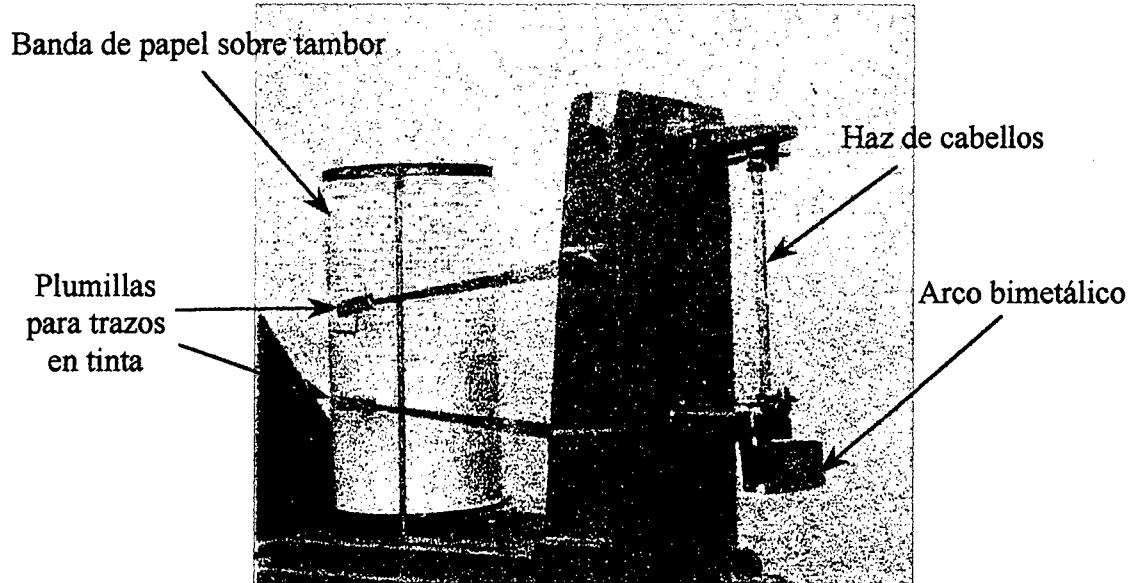
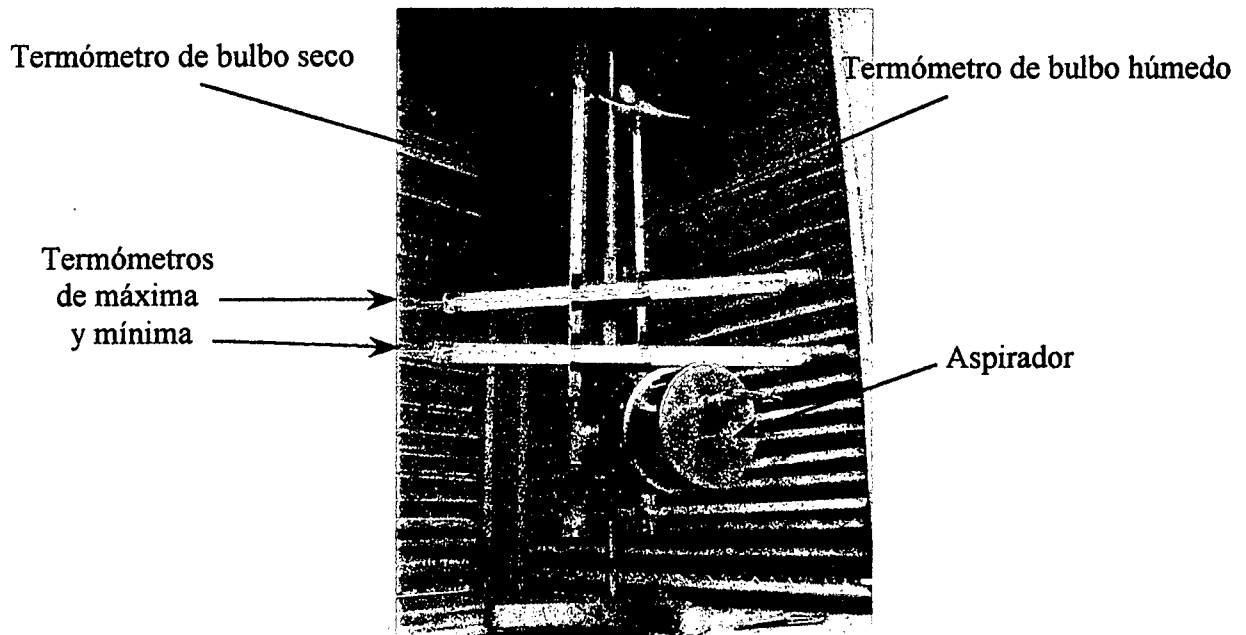


Figura 8

Psicrómetro modelo "August" del tipo "aspirador"

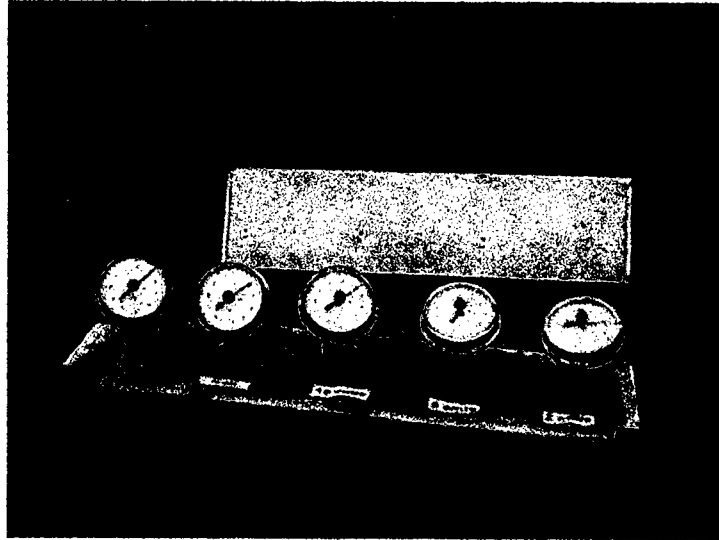


#### **4.4.4. Temperatura del suelo:**

Se mide a diversos niveles de profundidad entre los 2 y 50 centímetros. En los geotermómetros de dial de la estación U.C.V. se pueden leer las temperaturas mínima, actual y máxima. Su uso es común en la Agroclimatología, así como en estudios de la variabilidad en la conducción de calor de los distintos suelos hacia las capas atmosféricas inferiores.

**Figura 9**

*Geotermómetros a 2, 5, 10, 20 y 50 cm de profundidad*



#### **4.4.5. Precipitación:**

La lectura directa se lleva a cabo con el *pluviómetro de cántaro*, recipiente cilíndrico de dimensiones normalizadas donde se recoge el agua de lluvia. Vaciando ese volumen en una probeta graduada para el instrumento, se obtiene la altura en milímetros de agua precipitada. Estas unidades de expresión en longitud (*altura, profundidad, o lámina de agua precipitada*) equivalen en realidad una cantidad en volumen por unidad de área: 1 mm de precipitación equivale a un litro de agua que ha caído en un área horizontal de un metro cuadrado.

El registro continuo se lleva a cabo en el pluviógrafo *de balancín* tipo Fergusson, que puede registrar hasta una semana de precipitación sobre una banda de papel con una escala apropiada. La lluvia se recoge en un área de 1000 cm<sup>2</sup> y a una altura de 1,80 m sobre el terreno, de donde se dirige por un embudo hasta el balancín. Éste es un pequeño contenedor liviano de

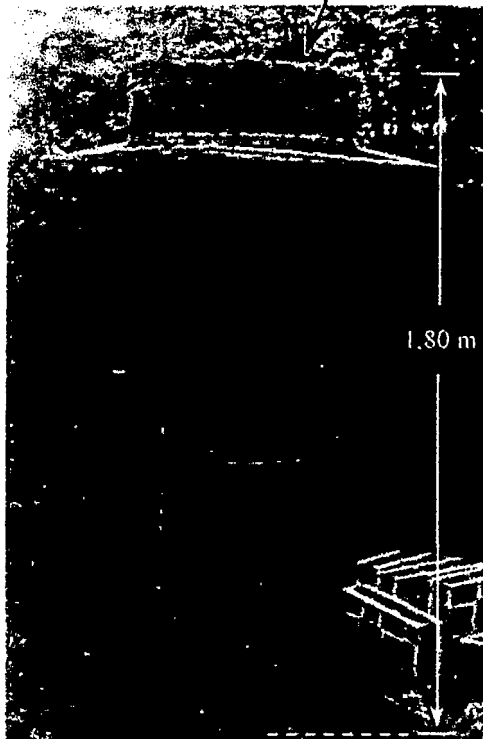
forma triangular, dividido en dos compartimentos y balanceado en equilibrio inestable sobre un eje horizontal. Cuando uno de ellos se llena de agua, el balancín se hace inestable y se ladea, descargando su contenido y colocándose en posición de llenar el otro compartimento. Cada movimiento de vaciado hace avanzar un diente en una rueda excéntrica llamada *cardioide* (por su forma de corazón). Un juego de palancas transmite este movimiento a la plumilla, que registra 0,2 milímetros de precipitación cada vez.

La interpretación de las curvas trazadas por el pluviógrafo permite determinar la hora de ocurrencia, cantidad y duración de las lluvias registradas, además del cálculo de la *intensidad de precipitación* de las mismas, es decir, la cantidad de precipitación ocurrida por unidad de tiempo.

**Figura 10**

***Pluviógrafo de balancín SIAP***

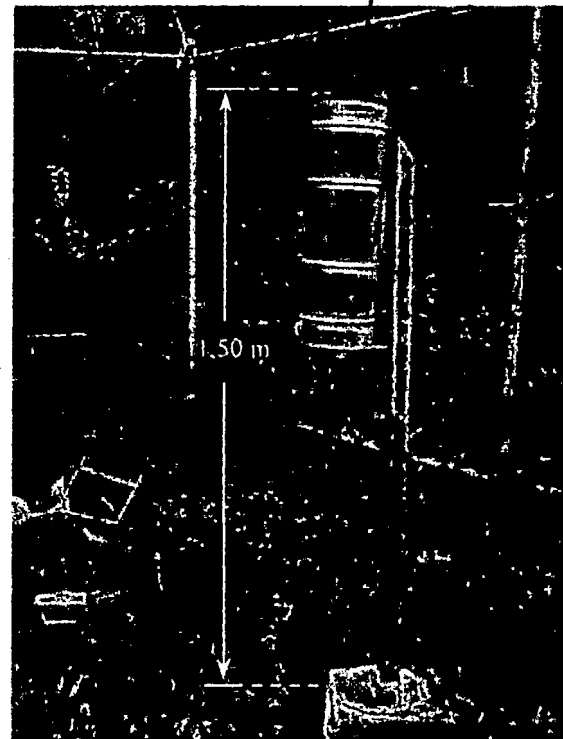
Área recolectora (1000 cm<sup>2</sup>)



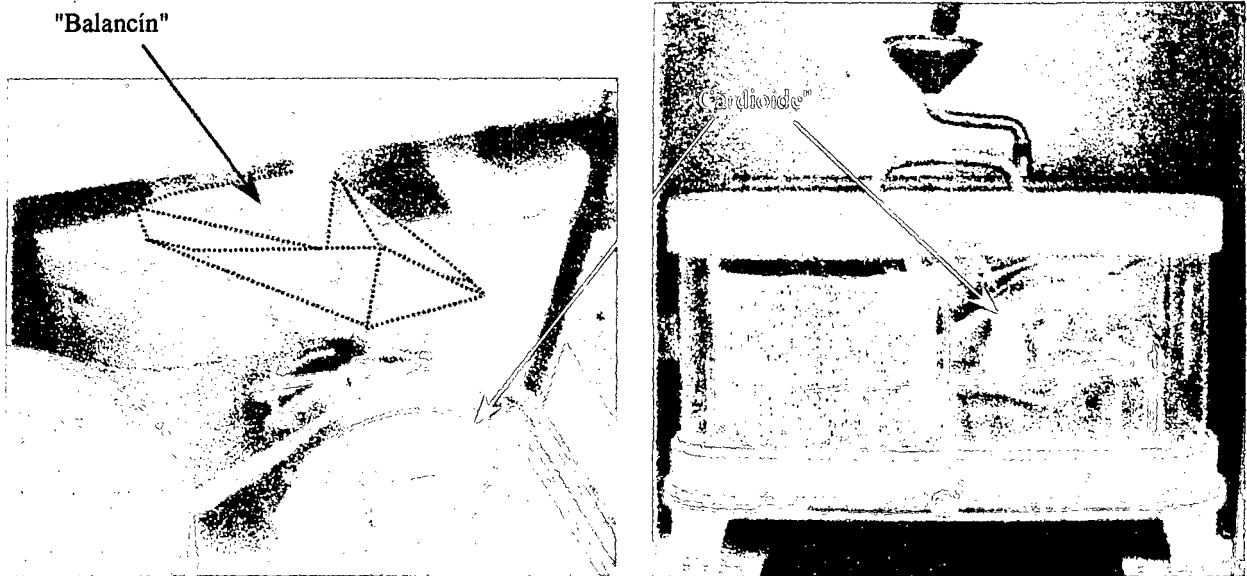
**Figura 11**

***Pluviómetro de cántaro***

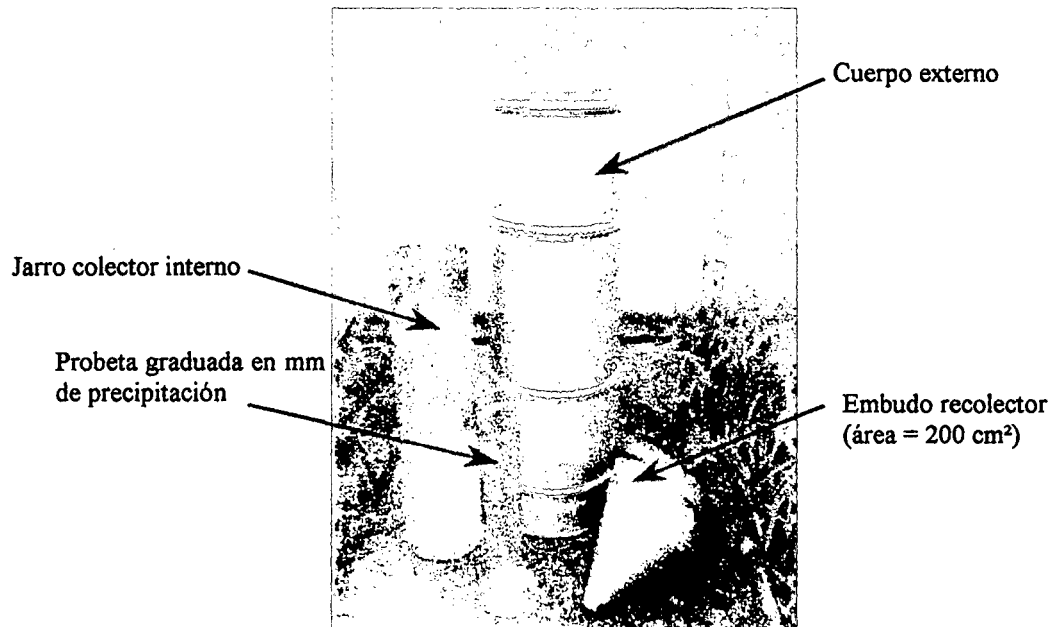
Área recolectora (200 cm<sup>2</sup>)



**Figura 12**  
*Detalles del Pluviógrafo SLAP*



**Figura 13**  
*Componentes del pluviómetro de cántaro*



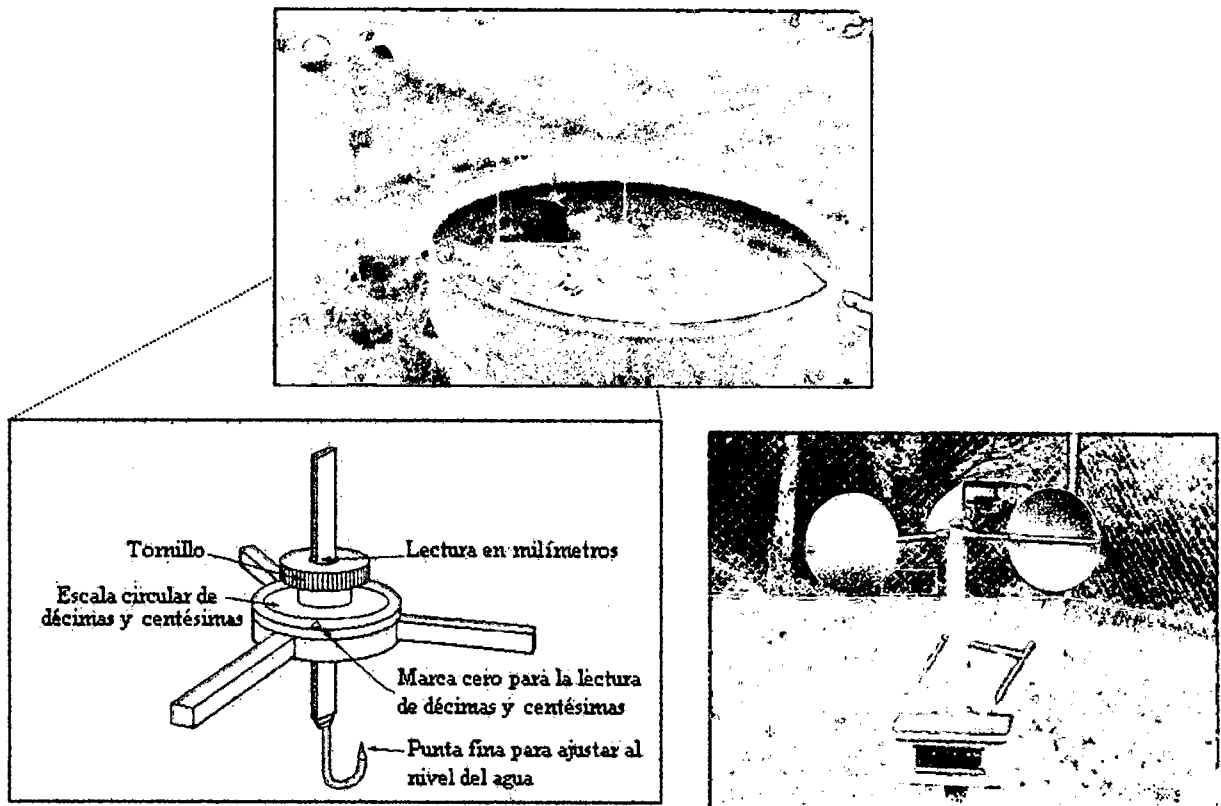
#### 4.4.6. Evaporación:

Se mide en milímetros de agua evaporada al día mediante un tornillo micrométrico especial ubicado en un cilindro de reposo dentro de la *tina evaporimétrica*, o tanque de evaporación tipo "A". Este tanque está acompañado por un *anemómetro contador* con el que puede calcularse la velocidad media del viento en sus vecindades, a una altura de 50 cm sobre el terreno. Además del viento y la humedad presente en el aire, la temperatura del agua es también un factor influyente en la cantidad de evaporación, por lo que debe colocarse en el interior de la tina un juego de termómetros de máxima y mínima.

La lámina evaporada se reporta diariamente de igual manera que la precipitación, cuyo valor debe sumarse a la diferencia de las alturas del nivel en la tina medidas al principio y final de cada período diario. La contabilidad del agua que se pierde por evaporación es de gran importancia en el manejo de embalses; además de esto, la evaporación en la tina es la base para muchas técnicas de estimación de la *evapotranspiración* para fines agrometeorológicos.

Figuras 14, 15 y 16

*Tina evaporimétrica, tornillo micrométrico y anemómetro contador*



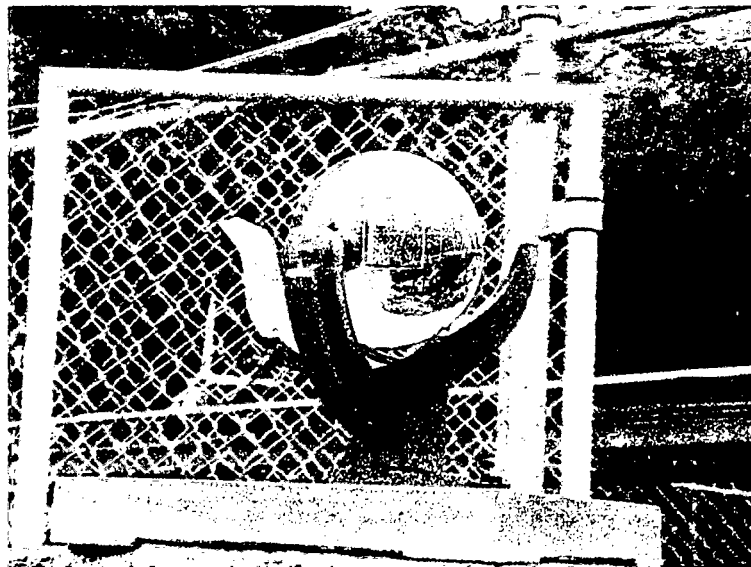
#### **4.4.7. Evaporación a la sombra:**

Funciona con el mismo principio del tanque "A", pero es de dimensiones mucho menores y se encuentra dentro de una caseta similar a la que resguarda a los termómetros.

#### **4.4.8. Insolación o Heliofanía:**

Es la cantidad de horas del día durante las cuales brilla el Sol. Se mide con el *heliofanógrafo*, instrumento que consiste en una esfera de cristal transparente sujeta por un soporte que debe orientarse según los puntos cardinales. Efectúa un registro del brillo solar al quemar (por concentración focal de los rayos solares) una banda de papel en la que hay una escala de tiempo en horas y décimas de horas. El soporte tiene alojamientos para tres tipos de bandas, que varían en forma y tamaño para adaptarse a los cambios de la incidencia de la luz solar según las épocas del año en la latitud del sitio.

**Figura 17**  
***Heliofanógrafo***



**4.4.9. Radiación Solar:**

En la estación U.C.V. se lleva un registro de la *radiación solar total*, que es la suma de la radiación proveniente directamente del Sol más aquella que se dispersa en la atmósfera. Se mide con el *actinógrafo*. Éste transmite hasta una banda de papel las dilataciones y contracciones que sufren tres láminas metálicas bajo la acción de la radiación.

Dos de estas láminas están pintadas de color blanco, por lo que la radiación que llega a ellas causa una dilatación menor que sobre la tercera placa, de color negro. El mecanismo de varillas amplifica esta diferencia para efectuar el trazo en tinta. La escala horizontal de la banda corresponde a las horas del día. La escala vertical da un registro de valores en milímetros, los cuales deben transformarse a una expresión de la radiación recibida como energía por unidad de área.

Las unidades tradicionales son las calorías por centímetro cuadrado ( $\text{cal/cm}^2$ ), que se expresan en función del tiempo ( $\text{cal/cm}^2/\text{min}$ ). Las normativas OMM más recientes indican que la radiación debe expresarse en unidades del SI, por lo que hoy día las planillas de resumen de los datos del actinógrafo se llenan con valores en Joules por metro cuadrado y Watts por metro cuadrado ( $\text{Joule/m}^2/\text{s} = \text{Watt/m}^2$ ). Esta conversión se hace mediante el uso de factores que son específicos para cada instrumento y son variables según la época del año.

**Figuras 18 y 19**

***Actinógrafo tipo Robitzsch***



#### **4.4.10. Viento en superficie:**

Por convención de la OMM se mide a diez metros sobre el suelo (ver figura 21), lo cual se hace con un instrumento que proporciona un registro diario simultáneo de la *dirección*, el *recorrido* y la *fuerza* del viento: el *anemocinemógrafo*.

La *dirección* se define por el punto cardinal del que proviene el viento, y queda registrada por dos plumillas que dejan trazos sobre la banda de papel (en un tambor con mecanismo de relojería) gracias a un mecanismo de varillas que conecta las plumillas de tinta con una veleta ubicada a la altura señalada. Una plumilla hace sus marcas en una escala que comprende los cuadrantes I y II, o sea de Norte a Este y de Este a Sur; la otra corresponde a los cuadrantes III y IV (de Sur a Oeste y de Oeste a Norte). La *dirección prevaleciente* para un período dado es un promedio de las registradas en la escala de tiempo, dividida en las 24 horas del día. Ver figuras 22 y 23.

Un anemómetro de copas similar al usado en la tina de evaporación, pero de mayores dimensiones y complejidad mecánica, está conectado a una plumilla que efectúa un registro del recorrido, que es la longitud en kilómetros del aire que pasa por el instrumento en un tiempo determinado. Por la relación recorrido/tiempo se puede calcular la velocidad media del viento para ese período.

El registro de intensidades (ráfagas) del viento en metros/segundos se hace sobre una escala de velocidad instantánea. Este registro se hace con un ingenioso mecanismo que transmite a la plumilla las variaciones de la presión que el viento ejerce sobre un volumen específico de agua. El aire circula por una serie de mangueras desde la punta hueca de la veleta hasta un tanque especial, ubicado dentro del cajón que aloja todo el mecanismo de registro en la base de la torre del instrumento (figura 20).

**Figura 20**

*Vista del emplazamiento del anemocinemógrafo: cajón y torre, desde el Noroeste*



**Figura 21**

*Vista del emplazamiento del anemocinemógrafo: veleta y copas, desde el Sur*



Figuras 22 y 23

*Detalles del anemocinemógrafo*



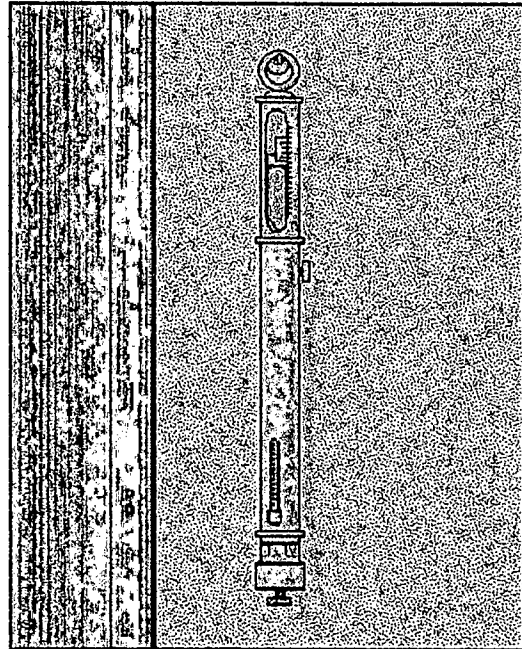
#### **4.4.11. Presión atmosférica:**

La medición de la presión se lleva a cabo mediante un *barómetro de estación*, instrumento que por su delicada construcción no debe someterse a los rigores de la intemperie y por lo cual se instala dentro de las oficinas. La lectura se hace a las 08:00 HLV (12:00 HMG), al igual que las observaciones de la estación. El barómetro no es más que una sofisticación del instrumento con el que Torricelli demostró la existencia del vacío, y se fundamenta en la altura que una columna de mercurio alcanza gracias al peso de la atmósfera sobre el líquido en un depósito en el extremo inferior del instrumento. La columna consiste en un tubo de vidrio al vacío, conectado por su extremo abierto con el depósito de mercurio. Su escala está gradada en milímetros, por lo que sus lecturas deben convertirse al *hecto-Pascal*, unidad del Sistema Internacional establecida por la OMM equivalente al tradicional *milibar*.

Los valores de la presión obtenidos con el barómetro deben someterse a diversas correcciones, como las debidas al efecto de la gravedad terrestre, que varía según la latitud, y al efecto de expansión térmica del líquido, para cuyo control se incluye un termómetro adosado al cuerpo del instrumento. Para aquellas estaciones ubicadas a menos de 500 metros sobre el nivel

del mar, la presión medida sufre aún otra modificación conocida como la *reducción al nivel del mar*, que consiste en reportar su valor según el marco de referencia de los cero metros de altitud.

**Figura 24**  
*Barómetro de mercurio tipo FORTIN*



#### **4.4.12. Formato de registros de la estación U.C.V.:**

Actualmente se llevan varios tipos de registros de los datos de la estación convencional. Todos son elaborados en planillas de papel, pero se diferencian en el período que resumen y en el detalle de los datos que guardan. Un primer tipo es el semanal, el cual resume todas las observaciones y mediciones hechas en la estación a las 08:00 HLV de cada día de la semana. Allí están los datos de la temperatura del aire, los geotermómetros, la humedad relativa (por psicrómetro), la presión barométrica, evaporación (en la tina y a la sombra), precipitación, nubosidad y viento (dirección y velocidad).

Otro tipo de resumen es el mensual de datos diarios, utilizado para la precipitación; en la planilla se anotan los acumulados para cada día de los 12 meses del año, indicando además el promedio o acumulado mensual. Similar a éste, pero con mayor grado de detalle, es el registro que se deriva de la evaluación del termohigrógrafo, donde se anotan datos puntuales inter-horarios (uno cada dos horas) para la temperatura y la humedad relativa en planillas separadas. Para cada día representado se dan además los valores extremos y el promedio. Planillas similares, pero con datos horarios, resumen la heliofanía, la precipitación y la radiación solar total (media).

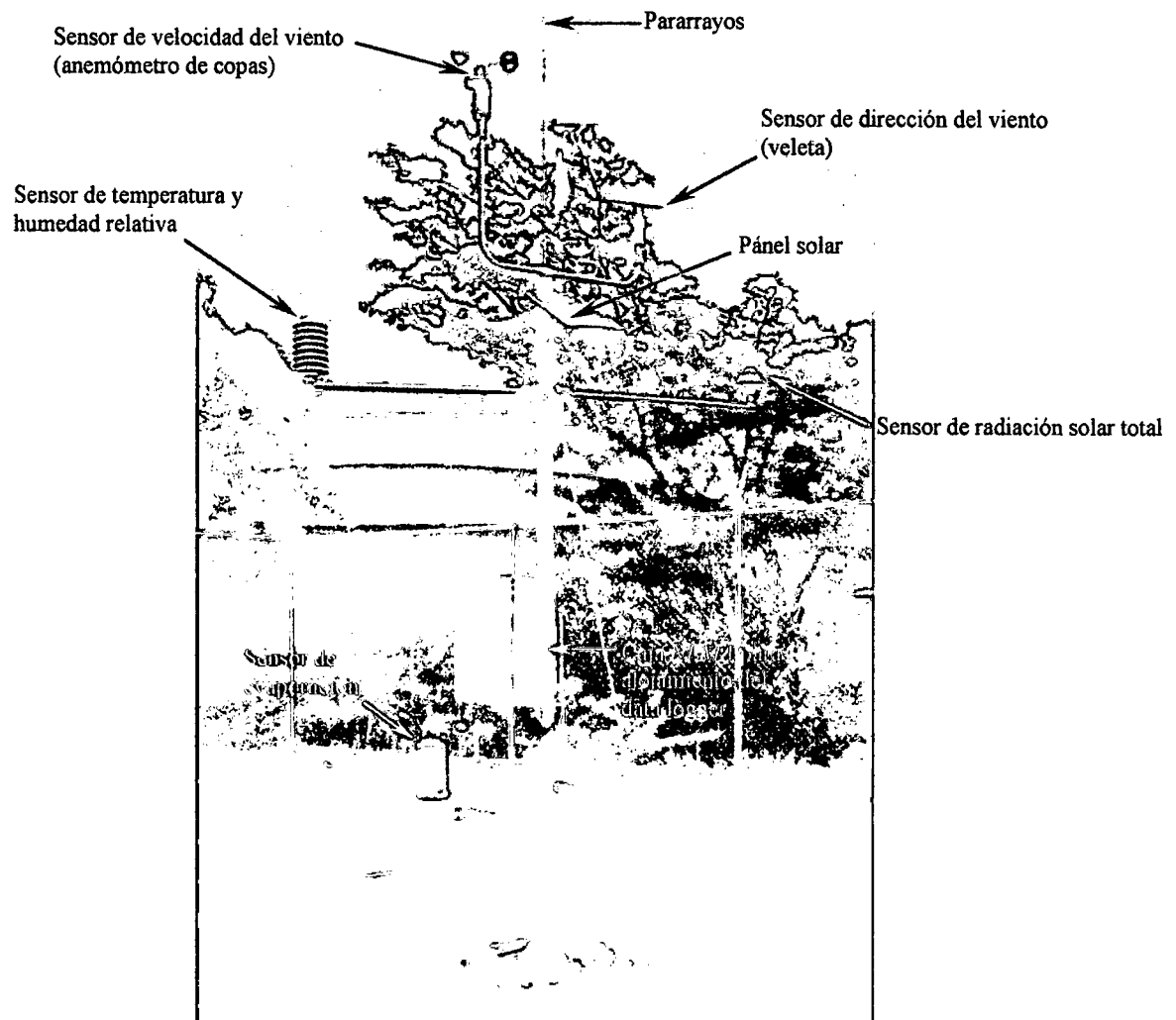
#### 4.5. La estación meteorológica automática

Una estación meteorológica automática (EMA) está conformada por un conjunto de sensores electrónicos conectados por cableado a la unidad de adquisición de datos (*data logger*), la cual contiene la programación necesaria para:

- a.- efectuar las mediciones según los períodos establecidos por el usuario,
- b.- interpretar las señales eléctricas de cada sensor,
- c.- almacenar los datos recogidos, y
- d.- enviar los datos hacia la computadora de la oficina cuando así se le solicite.

**Figura 25**

*Vista de la EMA U.C.V.*



En el momento de las mediciones, el data logger debe brindar a cada sensor el suministro eléctrico necesario para su funcionamiento. En consecuencia, cada sensor emitirá una salida eléctrica de acuerdo al estado del elemento meteorológico medido, la cual vuelve al data logger por un canal determinado para ser procesada y almacenada. Para algunos sensores, esta señal debe amplificarse o atenuarse para ser recibida correctamente, por lo que se instala en estos casos un *acondicionador de señal*.

Las salidas eléctricas de los sensores están asociadas a valores numéricos en las unidades correspondientes a cada elemento meteorológico medido, según la programación que se haya realizado mediante el *software* de configuración del sistema. Los valores obtenidos son almacenados en un módulo de memoria en el propio data logger; en el equipo de la U.C.V. este módulo es una tarjeta de memoria del tipo PCMCIA reemplazable.

Estos valores constituyen la información básica recogida por la EMA, y pueden ser transmitidos a las oficinas meteorológicas en intervalos preestablecidos, por diversos medios tales como la comunicación por cable, vía módem, por radio, o vía satélite. También puede tenerse acceso a los datos al visitar la estación, si se cuenta con una computadora portátil para conectarse al data logger, o simplemente retirando la tarjeta de memoria para ser leída con el dispositivo apropiado.

#### **4.6. La estación meteorológica automática de la U.C.V.**

La EMA de la U.C.V. tiene una configuración de 8 sensores conectados a una unidad de adquisición de datos modelo  $\mu$ Logger de la empresa venezolana Tecnum. La intercomunicación con la oficina del Departamento se realizó por medio de una conexión por cable desde ese data logger hasta una computadora en la que se instaló el *software* de configuración del sistema de adquisición de datos. Se utilizó el protocolo de comunicaciones RS-232, estándar del data logger Tecnum y bastante común en las comunicaciones por puertos seriales en computadoras de tipo PC. Para poder cubrir los ciento once metros de separación entre los equipos mencionados, debió utilizarse un dispositivo de conversión de protocolo (también desarrollado por Tecnum), el cual transforma las señales al protocolo RS-422 justo a la entrada y salida de los equipos, pues el protocolo RS-232 no permite la transmisión a esa distancia para la velocidad mínima deseable en

el flujo de datos (9600 baudios en la EMA U.C.V.). El principio de funcionamiento de los componentes de la EMA de la U.C.V. se describirán brevemente a continuación:

#### **4.6.1. Sensor electrónico de Temperatura del aire y Humedad Relativa**

Marca: SEBA

Modelo: SN 219

Los sensores de humedad relativa y temperatura del aire se encuentran incluidos en una única sonda con el fin de simplificar su instalación y mantenimiento, el cual normalmente se reduce a la sustitución del sensor defectuoso. La sonda de sensores proporciona señales de potencia eléctrica proporcionales a la temperatura y humedad relativa del ambiente. Está construida con materiales resistentes a la corrosión y sus elementos sensibles se encuentran dentro de un protector de radiación solar del modelo Gill. Este protector es una parte integrante del montaje del sensor, y consiste en una pantalla de ventilación natural que bloquea la radiación solar directa y reflejada. El material termoplástico del protector es una composición especial para casos extremos de exposición a la intemperie, proporcionando gran reflectividad, baja conductividad térmica y baja retención de calor.

**Tabla 3**

**Especificaciones de sensor SEBA SN 219 - Temperatura del aire**

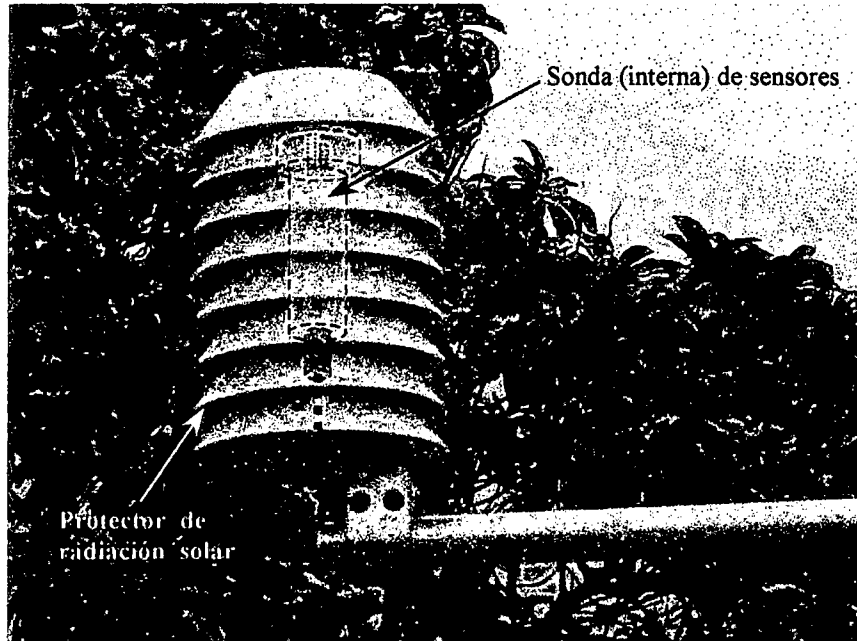
Principio de medida	Resistivo
Rango de medida	-30 a +70 °C
Precisión	± 0,5 °C
Resolución	0,1 °C
Salida	0 a 1 V
Voltaje de Alimentación	4,6 a 24,0 V DC

**Tabla 4**

**Especificaciones de sensor SEBA SN 219 - Humedad Relativa**

Principio de medida	Capacitivo
Rango de medida	0 a 100% de humedad relativa
Resolución	0,1%
Limites Operativos de Temperatura	-30 a +70 °C
Señal de Salida	0 a 1 V DC, lineal
Voltaje de Alimentación	4,6 a 24,0 V DC
Precisión (de 20 a 25°C)	± 2 % (entre 10 y 96 % de hum. rel.)

Figura 26

*Sensor de temperatura y humedad relativa SN 219***4.5.2. Sensor electrónico de Precipitación**

Marca: SEBA

Modelo: RG 50/143

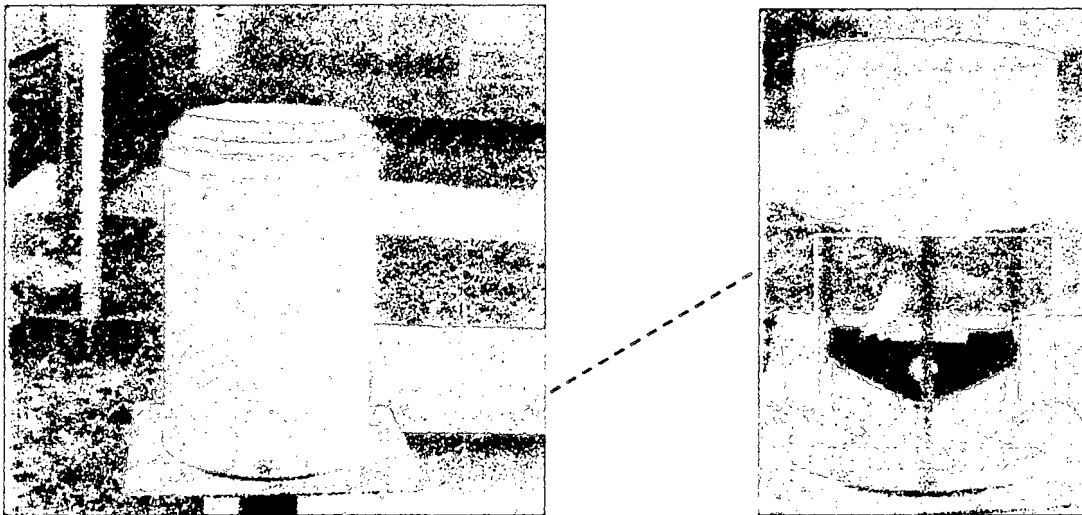
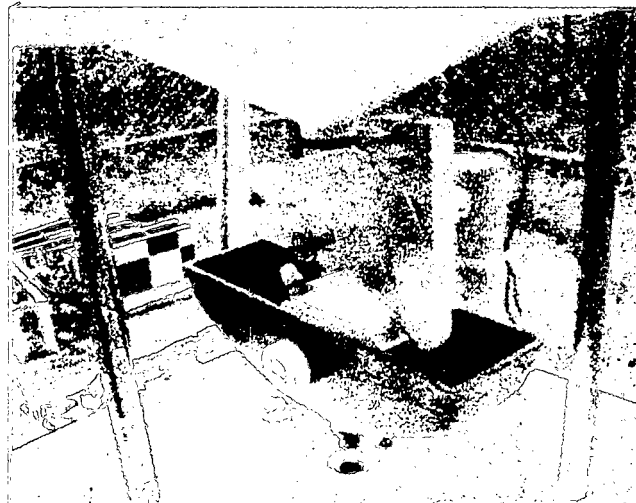
El pluviómetro electrónico del tipo "Tipping bucket" (cubeta de ladeo) está compuesto de un embudo que desaloja el agua recogida por la boca recolectora (de 200 cm<sup>2</sup> de área, como en el pluviómetro de cántaro) hacia un mecanismo de báscula (balancín) que mide las precipitaciones líquidas en incrementos constantes. Dicho mecanismo está ajustado para volcarse y vaciar el agua cada vez que se recoge en la cubeta el volumen correspondiente a una precipitación de 0,1 milímetros. Con cada volcado de la cubeta, un imán pasa a través de un conmutador de láminas, que provoca un cierre de contactos momentáneo que es interpretado por el data logger como un incremento más de lluvia. El volcado también provoca que una segunda cubeta se coloque debajo del embudo, estando así preparada para que se llene de nuevo y se repita el ciclo. Las precipitaciones medidas se descargan a través de las tuberías de drenaje que se encuentran en la base del medidor. La superficie recolectora del sensor está ubicada a 1,20 m de altura sobre el terreno.

Tabla 5

**Especificaciones de sensor de precipitación RG 50/143**

Superficie de recolección:	200 cm <sup>2</sup>
Resolución:	0,1 mm de precipitación
Precisión:	< ± 0,5 mm para lluvias de intensidad inferior a 25 mm/h < ± 3% para lluvias de intensidad mayor a 25 mm/h
Carga de contacto:	3 W
Salida:	Cierre momentáneo de conmutador tipo Reed activado por brazo de imán 1 impulso por 0,1 mm de lluvia

Figuras 27, 28 y 29

**Sensor de precipitación RG 50/143***Montaje del sensor, con cubierta y descubierto**Detalle de cubetas*

**4.5.3. Sensor electrónico de Evaporación**

*Marca:* Weathertronics

*Modelo:* 6841

La evaporación se mide tradicionalmente midiendo la pérdida de agua a causa de la evaporación de una bandeja de tamaño estándar de OMM (Tina evaporimétrica "A") que contiene agua expuesta a la atmósfera. La cantidad de evaporación es una función de la temperatura, la humedad, el viento y otras condiciones ambientales.

El sensor electrónico de evaporación consta de un mecanismo que permite variar por medio de un flotante y un juego de poleas el valor de un reóstato de 5 K $\Omega$  (kiloOhmios). Así, cuando el flotante sube o baja, las variaciones en la resistencia se asocian a cambios proporcionales del nivel de agua en la tina de evaporación.

**Tabla 6**

*Especificaciones de sensor - Evaporación en Tina*

Rango de medida:	0 a 250 mm de nivel de agua
Resolución:	1 mm

**Figuras 30 y 31**

*Sensor Weathertronics de evaporación en tina*

*Instalación del sensor*



*Montaje interno del mecanismo*



#### 4.5.4. Sensor electrónico de Radiación Solar total

Marca: SEBA

Modelo: Piranómetro "estrella" 8101

El principio de funcionamiento de este sensor es similar al del actinógrafo en el uso de varias placas metálicas de colores blanco y negro alternados, pero dispuestas como sectores de un círculo, formando la "estrella" que le da nombre en Inglés al sensor (*Starpyranometer*). Las diferencias de temperatura de las 12 placas son convertidas a fuerzas electromotrices proporcionales por sendas termocuplas de alta sensibilidad, ubicadas debajo de las placas. El alojamiento de aluminio de estos elementos está cubierto por un domo de vidrio óptico que les protege del viento y la humedad del aire exterior.

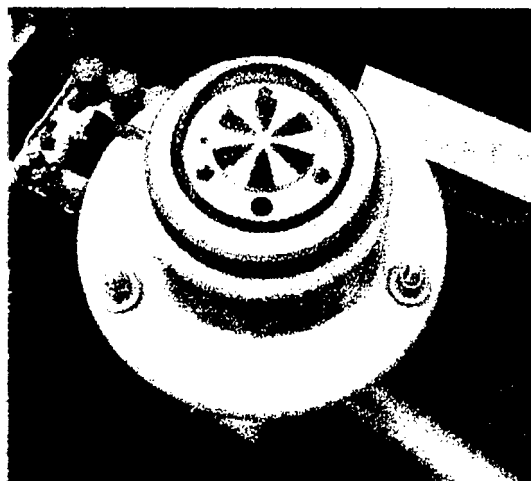
**Tabla 7**

**Especificaciones de sensor de radiación solar total 8101**

Principio de medida	Medición por termocuplas de diferencias de temperatura entre 6 placas metálicas blancas y 6 placas metálicas negras. Aleación de las placas: NiCr-CuNi
Salida	16,72 $\mu\text{V} / \text{W} / \text{m}^2$
Sensibilidad	2,5 mV / Joule / $\text{cm}^2$ / min
Linealidad	$\pm 1\%$ entre 0,5 y 8 Joule / Joule / $\text{cm}^2$ / min
Estabilidad	$\pm 2\%$ por año
Sensibilidad en el espectro	0,3 a 3 $\mu\text{m}$
Transmisividad óptica del domo	96,5% para luz visible, 96,0% para espectro cercano de UV
Corrección de Coseno	$\pm 1\%$ entre $0^\circ$ y $60^\circ$ (ángulo cenital); $\pm 3\%$ entre $60^\circ$ y $80^\circ$
Efecto de la temperatura	$\pm 3\% / \text{K}$

**Figura 32**

**Sensor de radiación solar total SEBA 8101**



#### **4.5.5. Unidad de adquisición de datos (data logger)**

*Marca:* Tecnum

*Modelo:*  $\mu$ Logger

Se encuentra ubicada en un cajón de especificaciones *NEMA*, sujeto al poste principal de la EMA. El sistema cuenta con un microprocesador que se encarga del proceso de adquisición, un módulo de memoria para almacenar los datos obtenidos y un reloj interno que puede programarse sincrónicamente con el reloj de la computadora de la oficina meteorológica que opera el sistema. Puede conectarse a él un total de 16 sensores a través de ocho canales analógicos y ocho digitales, cuyos parámetros de interpretación de entradas eléctricas pueden configurarse independientemente.

La adquisición de los datos, que consiste en un corto lapso en el que los sensores reciben el suministro eléctrico necesario para efectuar la medición y transmitirla al data logger, se realiza a intervalos periódicos programados por el usuario con el programa PCLogger para MS-DOS. El  $\mu$ Logger presenta entre sus opciones de adquisición el cálculo de promedios, para ahorrar espacio en la memoria mediante el almacenamiento de un solo valor promediado de varias mediciones. Adicionalmente, puede programarse para cada sensor un valor que al ser alcanzado en una medición accione una señal de alarma.

El microprocesador se encuentra en modo "dormido" como estado normal, en el cual su consumo es mínimo. Cuando el reloj indica el momento de iniciar la adquisición, el microprocesador entra al modo "operativo" y alimenta los sensores por un tiempo programado (mínimo de 10 ms y máximo de 2,5 s), necesario para que los sensores tengan una respuesta al elemento meteorológico que miden.

Las señales recibidas de los sensores son procesadas y almacenadas, después de lo cual el microprocesador vuelve al modo dormido. Si la señal de entrada es analógica, como las correspondientes a los sensores de temperatura y humedad, ésta es convertida a digital por un módulo de conversión "A/D". En el caso de que el  $\mu$ Logger sea programado para realizar cálculos, los datos son almacenados en un *búfer* de memoria temporal hasta que sea efectuado el cálculo correspondiente, y sólo entonces se almacenan los valores en el módulo de memoria. Los niveles de señal a la entrada del data logger están ajustados a los niveles de la mayoría de los

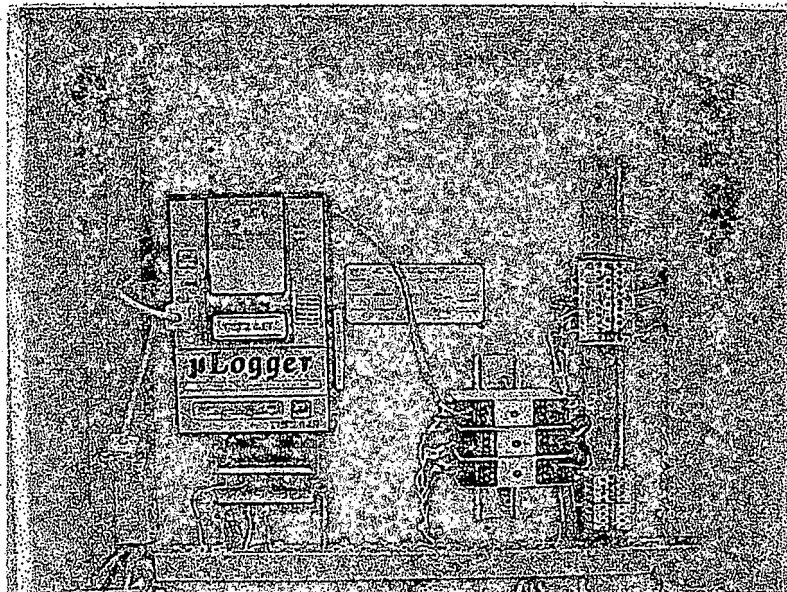
sensores del mercado. Cuando un sensor dado no proporciona una salida acorde a estos niveles, se incorpora un acondicionador de señal para corregir la situación.

**Tabla 8**  
**Especificaciones del  $\mu$ Logger Tecnum**

Suministro eléctrico	12 V DC (batería recargable por medio de un panel solar) 9 V DC para resguardo de configuración durante el traslado (batería alcalina)
Consumo	100 $\mu$ A en modo dormido, 10 mA en modo operativo
Tiempo de alimentación de sensores	Programable entre 10 ms y 2,5 s (continuo)
Intervalo entre mediciones	Programable entre 1 s y 23h:59min:59s
Tipo de muestreo	Simple (8 bits) o doble (12 bits)
Almacenamiento de datos	Memoria sólida (tarjeta PCMCIA de 512 kilobytes)
Estabilidad	$\pm 2\%$ por año
Sensibilidad en el espectro	0,3 a 3 $\mu$ m
Transmisividad óptica del domo	96,5% para luz visible, 96,0% para espectro cercano de UV
Corrección de Coseno	$\pm 1\%$ entre $0^\circ$ y $60^\circ$ (ángulo cenital), $\pm 3\%$ entre $60^\circ$ y $80^\circ$
Efecto de la temperatura	$\pm 3\%$ / K

**Figura 33**

**Unidad de adquisición de datos  $\mu$ Logger y circuito en la caja NEMA**



## 5. PROCEDIMIENTOS

Para la elaboración de este trabajo debieron efectuarse varias actividades previas, las cuales se describen a continuación, seguidas de las sucesivas fases del estudio. Este formato de exposición obedece a la intención de mantener un orden secuencial en el cual se hagan evidentes las actividades que se constituyeron en requisitos para el desarrollo de los objetivos del trabajo.

### 5.1. Actividad previa: Proceso de instalación y puesta en funcionamiento de la EMA

La estación automática comenzó a funcionar con una configuración de cinco sensores: temperatura, humedad relativa, radiación solar, dirección del viento y velocidad del viento. Posteriormente se logró añadir un instrumento para la medición automática de la evaporación diaria en las mismas condiciones que la medición tradicional (en la tina evaporimétrica).

La comunicación del data logger con la computadora de la oficina del Departamento se efectuó en colaboración con las actividades desarrolladas para un trabajo especial de grado de la especialidad de Ingeniería Eléctrica (ver el aparte 1.3 "*Antecedentes: instalación de la EMA U.C.V.*"). En primer lugar se instaló la intercomunicación vía cable, como se detalla en el aparte 4.5. Adicionalmente, se realizaron diversos ensayos de comunicación por vía módem-CDPD, alternativa de telecomunicaciones que utiliza la plataforma de la telefonía celular para la transmisión de datos. Ello requirió ciertas modificaciones en el programa de manejo del data logger, realizadas por Tecnum sin mayores complicaciones y con resultados satisfactorios.

Con la obtención de las primeras mediciones se hizo evidente la posibilidad de que el prolongado período de tiempo durante el cual los instrumentos estuvieron almacenados, y los repetidos traslados entre la estación y los talleres, hubieran incidido negativamente sobre el funcionamiento de los mismos. Hubo entonces que sustituir los sensores de temperatura y humedad relativa, así como el dispositivo de acondicionamiento de la señal del sensor de radiación, por presentar fallas graves en sus componentes. Consecuentemente, debieron cambiarse los parámetros de interpretación de las señales en la configuración del programa de manejo del data logger para adaptarlos a los nuevos instrumentos.

## **5.2. Actividad previa: Mantenimiento de los instrumentos convencionales**

Se decidió someter a los instrumentos convencionales a un proceso de evaluación y mantenimiento, de modo de garantizar su funcionamiento óptimo durante la comparación. Ello se llevó a cabo en las instalaciones del Taller de Micromecánica de la Dirección de Hidrología del M.A.R.N.R., donde se realizaban tradicionalmente las calibraciones de los instrumentos a lo largo de la historia de la estación U.C.V. Como resultado de las evaluaciones efectuadas a los instrumentos mecánicos, se determinó cuáles de ellos brindaban la confiabilidad suficiente para formar parte del estudio.

## **5.3. Selección de las variables climatológicas a evaluar en la estación U.C.V.**

En principio, la selección de los elementos meteorológicos a ser sometidos a la comparación estaría determinada exclusivamente por la disponibilidad de los sensores electrónicos a instalar, puesto que todos los parámetros de interés climatológico ya se observan en la U.C.V. con los instrumentos convencionales. La imposibilidad de adquirir sensores electrónicos de presión barométrica y heliofanía, por ejemplo, descartaron desde un principio el estudio de esos parámetros.

Sin embargo, durante el proceso de evaluación preliminar de los instrumentos surgieron nuevas variables a ser consideradas. Los criterios para la selección pasaron a establecerse esencialmente por la confiabilidad del funcionamiento de cada sensor o instrumento.

Otra consideración de importancia concierne a la validez que tendría una comparación de registros provenientes de instrumentos ubicados de manera que las diferencias de sus entornos afectaran notablemente las mediciones. Las alteraciones producidas a los datos por esta causa pueden ser de magnitudes considerables, como se determinó en el trabajo del Servicio Meteorológico Nacional de México [2] y se establece en las recomendaciones del documento OMM N° 862 [II]. Según lo expuesto, a continuación se resumen las situaciones consideradas en el proceso de selección:

### ***Temperatura del aire***

La evaluación de los registros de temperatura del termohigrógrafo, por comparación de mediciones con el termómetro de mercurio, indicó un comportamiento satisfactorio del arco bimetalico del instrumento (ver anexo 6.A). La observación de los registros simultáneos de dos (2) sensores electrónicos de temperatura indicaron un comportamiento satisfactorio del nuevo sensor a instalarse definitivamente en la estación. Se decidió efectuar el proceso de comparación entre los registros de temperatura del sensor electrónico y los del instrumento convencional.

### ***Humedad relativa***

El mantenimiento efectuado al psicrómetro y las subsecuentes pruebas en el taller indicaron un funcionamiento satisfactorio de ese instrumento, tanto para mediciones puntuales como para la verificación de los registros del termohigrógrafo. La evaluación del mecanismo del termohigrógrafo evidenció la necesidad de reparaciones, pues durante un prolongado período de pruebas el funcionamiento del instrumento no resultó satisfactorio en condiciones de humedad elevada. La evaluación de los registros del sensor electrónico de humedad relativa y sus niveles de señal eléctrica indicaron un funcionamiento estable. Dado el funcionamiento insatisfactorio del termohigrógrafo, no se consideró pertinente la comparación de sus registros con los del sensor electrónico.

### ***Radiación solar total***

El proceso de calibración de los instrumentos medidores de radiación es sumamente complejo. Por ello, se consideró conveniente no alterar la actual calibración del actinógrafo, la cual se efectuó en una de las últimas jornadas nacionales de medición de la radiación solar (Maracay, 1996). La evaluación de los registros del sensor electrónico de radiación solar y sus niveles de señal eléctrica indicaron un funcionamiento insatisfactorio, pues los valores obtenidos eran mucho más bajos que lo esperado. La sustitución del acondicionador de señal solventó el problema luego de una posterior revisión en el laboratorio de Tecnum. Pudo observarse que el sensor electrónico es capaz de respuestas más rápidas a los cambios de radiación que el actinógrafo. Adicionalmente, se observó la posibilidad de que exista cierta influencia de la ubicación de los instrumentos medidores de radiación, pues el sensor electrónico se encuentra instalado a una altura sobre el suelo mayor que aquella del actinógrafo. Se decidió realizar el

trabajo de comparación de modo de establecer la magnitud de las posibles diferencias entre las mediciones de los dos tipos de instrumentos.

### ***Precipitación***

La comparación de los registros del pluviógrafo con las mediciones del pluviómetro de cántaro resultó satisfactoria en precipitaciones de intensidades variables. Los resultados de la evaluación del funcionamiento del sensor electrónico de precipitación y sus señales eléctricas fueron satisfactorios. Mediante ensayos con vaciado de volúmenes conocidos de agua se observó la ocurrencia de errores en el registro acumulado de precipitación (ver anexo 6.B), aunque no pudo darse una total confianza a estos resultados dada la falta de un estricto control en el flujo de agua y en la posible ocurrencia de evaporación durante los experimentos. Se decidió realizar el trabajo de comparación.

### ***Evaporación***

El mantenimiento efectuado a la tina evaporimétrica y al tornillo micrométrico garantiza su funcionamiento satisfactorio. Luego de sustituir el acondicionador de señal y parte del mecanismo del sensor electrónico, se observó un funcionamiento estable del mismo. Mediante ensayos con vaciado de volúmenes conocidos de agua se observó la ocurrencia de errores en el registro acumulado de evaporación. La existencia de numerosos vacíos en los registros del instrumento convencional no permitieron realizar el trabajo de comparación.

### ***Velocidad y dirección del viento***

La calibración del reloj del anemocinemógrafo corrigió el error por retraso que éste presentaba. El proceso de mantenimiento adicional que el instrumento requiere implica altos costos no estipulados en el presupuesto del Departamento, por lo que no fue llevado a cabo. La evaluación de los registros del sensor electrónico de velocidad del viento y sus niveles de señal eléctrica indicaron un funcionamiento insatisfactorio en el umbral (mínimo) de medición. En el caso del sensor electrónico de dirección del viento, las evaluaciones indicaron un error sistemático en las mediciones; la incidencia máxima se experimenta en valores muy bajos y de completa calma.

Por otra parte, existen diferencias notables entre los entornos de los instrumentos: los sensores electrónicos se encuentran instalados a una altura sobre el terreno de 2,50 metros y a una distancia horizontal de unos cien metros del anemocinemógrafo, el cual está instalado a la altura usual de 10 metros sobre el terreno. No se consideró aplicable una comparación entre los registros de los dos tipos de instrumentos en su estado actual.

#### **5.4. Establecimiento de un período común de registro para ambos sistemas**

La longitud de las series de registros a evaluar estuvo determinada en primer lugar por el lapso estipulado para la realización del trabajo de grado, con la limitación obvia de requerirse previamente la puesta en funcionamiento de la EMA. Otras limitaciones fueron impuestas por el tiempo requerido para el mantenimiento de los equipos mecánicos, aunque ello se efectuó de manera más o menos simultánea con la instalación y evaluación de los instrumentos electrónicos.

A pesar de la intención de contar con un registro continuado durante el lapso del semestre académico 3/99, existen en esa serie de datos diversos hiatos, como consecuencia de los repetidos ajustes que se requirieron para corregir nuevos desperfectos tanto en los equipos mecánicos como en el funcionamiento de la EMA. Estos inconvenientes tuvieron causas variadas, de las que fueron de mayor significación aquellas relacionadas con fallas de la alimentación eléctrica, fallas de adquisición en el data logger y con desmontajes del circuito para la reconfiguración de las comunicaciones. En definitiva, los lapsos de registro comunes a la EMA y la ECC del Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica U.C.V. son los que aparecen en la tabla 9:

**Tabla 9**

*Lapsos comunes de registro en las estaciones U.C.V.*

<i>Parámetro</i>	<i>Lapsos de registros válidos</i>
<b>Precipitación (horaria)</b>	<b>Octubre a diciembre 1999: 1/10 - 9/12/1999</b>
<b>Radiación solar (promedios horarios)</b>	<b>Marzo 2000: 16 - 29</b>
<b>Temperatura del aire (valores inter-horarios)</b>	<b>Octubre 1999: 14 - 19 Noviembre 1999: 08 - 09 Marzo 2000: 16 - 29</b>

Debe recalcar que la corta duración de las muestras de temperatura y radiación solar no tiene una incidencia negativa en el sentido de restringir el rango a evaluar de estos elementos, pues la amplitud de variación diaria de ellos en Venezuela es mayor que la amplitud de las variaciones observadas en el transcurso del año.

### **5.5. Programación y utilización del software de adquisición**

La programación del software PCLogger consistió en estipular dentro de sus parámetros de funcionamiento la frecuencia con la cual se realizarían las mediciones en la EMA. Esta variable es una función de las características del elemento meteorológico que se desea medir, pues no todos ellos requieren el mismo grado de detalle. Esto puede explicarse con ejemplos como la velocidad del viento, que es sumamente variable y por ello debe observarse con frecuencias hasta de 30 veces por minuto (una vez cada dos segundos). Las ráfagas de viento, aún aquellas de fuerza considerable, pueden ser de muy corta duración, por lo que un promedio calculado para un minuto a partir de unas cinco mediciones puede reflejar una velocidad que no se corresponda con la realidad. Como contraste, la medición de la evaporación diaria requiere, en su estudio básico, de sólo una medición cada 24 horas.

Lo más deseable sería entonces, en términos del ahorro de memoria y del consumo eléctrico del data logger, programar pocas mediciones para aquellos elementos meteorológicos que así lo permitan y mediciones de gran frecuencia para los que precisen mayor detalle. Sin embargo, la configuración electrónica del  $\mu$ Logger no permite tal diferenciación, por lo que debió escogerse una frecuencia de medición única para todo el conjunto de sensores.

Luego del período de evaluación de los sensores electrónicos e instrumentos mecánicos, se estableció una frecuencia de 12 mediciones por hora, o sea una cada cinco minutos. Este valor es suficientemente alto para el cálculo de promedios horarios de la temperatura, que no suele mostrar cambios significativos en un tiempo tan corto, pero hubiera resultado demasiado bajo para un estudio del viento, de haber sido éste factible (ver aparte 5.3 "*Selección de variables a estudiar: velocidad y dirección del viento*").

El período de 5 minutos entre mediciones está muy bien adecuado a los estudios de la precipitación y, si se compara con los registros convencionales, también lo es para la radiación solar. Sin embargo, este último elemento puede tener fluctuaciones bastante rápidas debidas a la nubosidad que podrían no reflejarse en los registros. Para el estudio de la respuesta de este sensor a tales variaciones se establecieron temporalmente (en la evaluación preliminar) períodos más cortos entre las mediciones.

## **5.6. Elaboración de archivos de datos y hojas de cálculo**

Los datos recopilados por el  $\mu$ Logger fueron descargados regularmente hacia la computadora mediante el uso del programa PCLogger, el cual permite su almacenamiento en archivos de tipo *data* (de extensión .DAT en el sistema operativo MS-DOS). El mismo programa incluye una opción para crear hojas de cálculo a partir de estos archivos. Esto se logra mediante la conversión de los mismos al formato de archivos de impresión (extensión .PRN), el cual ordena los datos numéricos y sus encabezados mediante separaciones por comas, y puede ser interpretado fácilmente por programas de hojas de cálculo.

Las hojas de cálculo .PRN están conformadas por tres "cuerpos", el primero de los cuales consta de la identificación de la estación y del data logger, el lapso de registro y la frecuencia de la adquisición durante dicho lapso. El segundo cuerpo contiene los encabezados de las columnas para la fecha y hora de la adquisición, el canal de entrada que corresponde a cada parámetro medido y una abreviación del nombre de cada sensor conectado. Por último, las columnas de datos correspondientes a cada encabezado completan el tercer cuerpo del archivo, ordenado por filas en secuencia cronológica de acuerdo a la frecuencia de medición programada. Puede verse un ejemplo del formato de archivos de salida de datos del PCLogger en el anexo 7.

Una vez cargados los archivos tipo PRN al programa de hojas de cálculo, se programaron diversas rutinas *macro* para hacer la conversión de formatos numéricos tales como el carácter separador de decimales (sustituir puntos [.] con comas [,] ) y el número de decimales a mostrar. Se crearon archivos separados para cada elemento meteorológico, separados a su vez en los distintos meses de registro. Aplicando otras rutinas *macro* se calcularon los promedios necesarios para conformar las series de datos para períodos horarios y diarios, ordenados de manera similar

a la de los archivos originales. Los listados de estas rutinas *macro* se presentan en el anexo 8. Con el mismo formato se crearon archivos con los datos de la estación convencional, transcritos de las planillas de resúmenes mensuales elaboradas por el técnico observador de la estación. Se contaba entonces con los dos grupos de datos, de la EMA y de la ECC, en un mismo medio informático de uso muy generalizado y de gran potencial de cálculo y presentación gráfica (ver las series de datos en formato de hojas de cálculo en el anexo 9).

## **5.7. Métodos de análisis y comparación**

### ***5.7.1. Determinación de la magnitud de las diferencias***

FASE 1: Los cálculos efectuados sobre los datos ordenados en formato de hojas de cálculo son los que se mencionan en la siguiente lista. Entre paréntesis se muestra la nomenclatura a utilizar en lo sucesivo del análisis:

- a.- Diferencias entre los datos de la EMA y la ECC (DIF)
- b.- Diferencias porcentuales entre los datos de la EMA y la ECC (DIF%)
- c.- Valores absolutos de las diferencias calculadas en *a.* y *b.* (DIFva , DIF%va)
- d.- Promedios de los valores calculados en *a.*, *b.* y *c.* (MDIF, MDIF%, MDIFva, MDIF%va)
- e.- Desviaciones estándar de los valores *a.*, *b.* y *c.* (SDIF, SDIF%, SDIFva, SDIF%va)
- f.- Correlación simple entre las series de la EMA y la ECC
- g.- Determinación de recta de ajuste por mínimos cuadrados para la correlación

Las diferencias (DIF) vienen dadas por la resta de los valores de la EMA menos los valores de la ECC. Las mismas se expresan también en valores porcentuales (DIF%) con respecto a las medidas originales, lo cual es conveniente debido a que algunos de los parámetros de comparación pueden estar dados como porcentajes de las mediciones; mientras la mayoría suele darse en las propias unidades del elemento medido.

Debe notarse que los promedios MDIF comprenden tanto valores positivos como negativos de las diferencias, por lo cual mostrarán una amplitud de variación entre los dos tipos de instrumentos menor a la ocurrida realmente. Es por ello que se realiza el análisis de los valores

absolutos de las diferencias, pues sus promedios tendrán un mayor nivel de significación. Sin embargo, el signo de MDIF es útil para estimar si los valores de la EMA tienden a ser mayores o menores que los valores de la ECC (MDIF>0 y MDIF<0, respectivamente). Este aspecto de las diferencias se determina cuantitativamente con procedimientos que se explican más adelante.

Para establecer la validez de los promedios (medias aritméticas) como representativos de las diferencias halladas para cada elemento se utiliza la desviación estándar de las diferencias (SDIF, SDIFva), la cual es indicativa del grado de dispersión que ellas presentan. Dado que la desviación estándar se expresa en las mismas unidades que el elemento medido, es factible aplicarle también los criterios de comparación.

La correlación y la línea de tendencia se presentan de manera gráfica, a partir de la cual el programa utilizado permite realizar los cálculos de manera automática. Constituyen una herramienta útil de visualización de la similitud de las series. Especialmente, el coeficiente  $R^2$  indica el grado linealidad hallado para la confrontación de las series de datos.

**FASE 2:** Los parámetros con los cuales fueron comparadas las diferencias promedio son los que se explican a continuación y se resumen en las tablas 10 y 11 (ver anexo 10 para más detalle):

- Los valores de incertidumbre de los instrumentos convencionales ( $\Delta\text{CONV}$ ) y automáticos ( $\Delta\text{AUTO}$ ). La incertidumbre total esperada es la suma de los valores absolutos de las incertidumbres de ambos instrumentos:  $\Delta\text{INST} = \Delta\text{CONV} + \Delta\text{AUTO}$
- Los parámetros de incertidumbre máxima aceptable en la medición de cada elemento establecidos por la OMM. Existen estos parámetros tanto para instrumentos automáticos ( $\Delta\text{OMMa}$ ) como para instrumentos convencionales ( $\Delta\text{OMMc}$ ); para cada comparación se tomó el mayor de los dos.

Tabla 10

*Parámetros de incertidumbre - Instrumentos Convencionales*

<i>Elemento medido</i>	<i>Parámetro <math>\Delta OMMc^*</math></i>	<i>Instrumento en U.C.V.</i>	<i>Incertidumbre <math>\Delta CONV^{**}</math></i>
Precipitación entre dos observaciones	0,1 mm para total $\leq 10$ mm 2 % para totales mayores	Pluviógrafo de balancín	$\pm 0,2$ mm
Radiación solar total (directa y difusa)	1 MJ/m <sup>2</sup> /d $\equiv$ 11,6 W/m <sup>2</sup>	Actinógrafo Robitzsch	$\pm 0,5$ mm $\equiv$ 11,3 W/m <sup>2</sup>
Temperatura del aire	$\pm 0,1^\circ$ C	Termohigrógrafo SIAP	$\pm 0,2^\circ$ C

\*Incertidumbre aceptable para fines climatológicos [IV]

\*\*Apreciación del instrumento aprovechable por observador

Tabla 11

*Parámetros de incertidumbre - Instrumentos Automáticos*

<i>Elemento medido</i>	<i>Parámetro <math>\Delta OMMa^*</math></i>	<i>Instrumento en U.C.V.</i>	<i>Incertidumbre <math>\Delta AUTO^{**}</math></i>
Precipitación	0,2 mm ó 3 % de lectura (el mayor); $\pm 5$ % para intens. hasta 300 mm/h	SEBA RG 50/143	$\pm 0,5$ mm @ int. < 25 mm/h $\pm 3$ % @ int. > 25 mm/h
Radiación solar total (directa y difusa)	11,6 W/m <sup>2</sup>	SEBA 8101	- No disponible <sup>†</sup> -
Temperatura del aire	$\pm 0,3^\circ$ C	SEBA SN 219	$\pm 0,5^\circ$ C

\* Incertidumbre aceptable para aplicación general [II]

\*\* Especificaciones del fabricante

† Se tomó como incertidumbre la apreciación del instrumento (0,1° C)

**5.7.2. Estudio de la naturaleza de las diferencias**

**FASE 1:** Con el uso de un programa de análisis estadístico se programó una serie de rutinas para generar resúmenes estadísticos de las diferencias (valores EMA menos valores ECC), expresadas en sus valores absolutos y discriminadas por signo (positivas y negativas). Los resúmenes incluyen los estadísticos siguientes:

- número de casos (mediciones):

La comparación del número de diferencias positivas o negativas con el número total de diferencias se tomó como indicativo de la tendencia de los valores de la EMA a ser mayores o menores, respectivamente, que los de la ECC. Esta comparación se establece como una relación en porcentaje, y permite cuantificar la tendencia mostrada por el signo de MDIF.

- promedios (media aritmética) y desviaciones estándar de las diferencias:

Corresponden a MDIF, SDIF, MDIFva, y SDIFva. Todos los promedios fueron calculados con un nivel de confianza de 0,95.

- coeficiente de asimetría de la distribución de las diferencias:

Suele calcularse mediante la ecuación

$$\text{Coef. Asimetría} = \frac{(1/n) \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^3}{s^3}$$

donde  $n$  es el número total de datos,  $u_i$  es el  $i$ -ésimo dato en la serie,  $\bar{u}$  es la media de los datos;  $s$  es la desviación estándar [VII]. En esta fase del análisis, la asimetría es un indicativo de si los datos (las diferencias calculadas) tienden a agruparse hacia la derecha de la media, o a su izquierda, según el coeficiente sea negativo o positivo, respectivamente.

- mediana, mínimos, máximos y amplitud de rangos de las diferencias:

La observación del valor de la mediana tiene implicaciones similares a las del coeficiente de asimetría. Se sabe que, en una distribución simétrica, ella debe ser muy similar a la media. Conocidos los valores extremos del rango evaluado, puede notarse rápidamente si una diferencia entre ellas resulta significativa.

**FASE 2:** Se programó un conjunto de rutinas para el análisis de las diferencias agrupando estas últimas de acuerdo a los siguientes criterios:

- Distintos rangos de valores de cada elemento meteorológico:

Se busca determinar si la magnitud de las diferencias es dependiente de los valores del elemento medido, es decir, de que éstos se encuentren cerca de sus mínimos, sus máximos, o en un rango intermedio.

- Distintas horas de ocurrencia:

Puede ser de utilidad para estudios más exhaustivos que incluyan consideraciones de las condiciones ambientales locales y puede aplicarse, en series de datos más largas, a una

discriminación de las diferencias según los meses del año, como en el trabajo realizado por el Servicio Meteorológico Nacional de México [2].

- Tendencias del elemento medido (aumentos o descensos):

Este análisis puede ser útil en la determinación de cuál de los instrumentos (convencional o automático) es más sensible a las variaciones del elemento medido, lo que suele conocerse como la "inercia" del elemento sensible. En este estudio, la tendencia se determinó como la diferencia de cada valor menos el valor que le precede.

Las rutinas programadas para todos estos procedimientos pueden verse en el anexo 11. Su aplicación dentro de diversos programas de análisis estadístico no debe ser problemática, puesto que se basa en el manejo de objetos (las series de valores) y sus propiedades (los estadísticos a calcular), filosofía común a muchas variantes del lenguaje Basic utilizadas hoy día en el ambiente Windows (© Microsoft Corporation®).

FASE 3: Por último, se buscó estimar si las diferencias halladas presentan una distribución definida. La primera aproximación consistió en un análisis gráfico, a partir de la elaboración de histogramas de frecuencias superpuestos a la curva normal teórica. La comprobación de que las diferencias se adapten a una distribución dada es importante en el sentido de confirmar la aleatoriedad natural de los errores, en contraste con la existencia de errores sistemáticos.

### **5.7.3. Diagnóstico de la transición de las mediciones convencionales a las automáticas**

Según los resultados obtenidos de los análisis recién planteados, se estableció el estado de la transición para cada elemento meteorológico según las cinco categorías que se definen a continuación:

- **Excelente**: las diferencias halladas tienen promedios muy cercanos a cero.
- **Satisfactorio**: las diferencias halladas (promedio) se encuentran dentro de los parámetros OMM y dentro de la incertidumbre de los instrumentos.
- **Medianamente Satisfactorio**: las diferencias halladas se encuentran al menos dentro del mayor de los rangos de incertidumbre aceptable, bien sea éste el instrumental o el de la OMM.
- **Insatisfactorio**: las diferencias están ligeramente fuera del mayor de los rangos de incertidumbre aceptable.
- **Inaceptable**: las diferencias están considerablemente fuera de los rangos aceptables.

## **5.8. Consideraciones particulares**

### **5.8.1. Radiación solar total:**

Los registros de radiación evaluados están comprendidos entre los días 29 de marzo y 27 de abril del año 2000, a las 18:00 HLV de esos días. Nótese que este período es uno de los de mayor incidencia de radiación durante el año; el ángulo de elevación del Sol llega a ser perpendicular sobre Caracas alrededor del día 19 de abril.

Los datos corresponden a los promedios horarios en  $W/m^2$ . En el caso de los registros convencionales los promedios se hallan gráficamente por compensación de áreas entre la curva de radiación y las marcas de la escala horaria y se transcriben a planillas especiales (anexo 12.A).

Para el sensor electrónico se calculó el promedio de cada hora a partir de sus 12 registros correspondientes (uno cada 5 minutos). Se consideró la factibilidad de tres opciones de comparación en cuanto al número de datos:

- Comparar todos los datos, incluyendo los períodos nocturnos (sin lecturas de radiación):  
Esta evaluación fue descartada, pues es previsible que el elevado número de mediciones perfectamente correlacionadas (ambos instrumentos con lectura cero) produciría estadísticos engañosos.
- Excluir de la comparación todos los pares de valores donde existiese un valor cero, es decir aquellos casos en que ambos o cualquiera de los dos instrumentos tuviera una lectura de radiación igual a cero:  
Se estaría excluyendo el umbral mínimo de apreciación de los instrumentos, por lo que las diferencias de sensibilidad a valores bajos de radiación no serían evaluadas. De hecho, la comparación entre los promedios de toda la serie y los de la serie sin valores resultó en una relación tan alta como 2:1, aproximadamente.
- Excluir sólo los períodos nocturnos (ambos instrumentos con lectura de radiación cero).  
Se optó por esta tercera variante de evaluación, en la que se excluyen solamente los datos correspondientes a las horas nocturnas y ambos instrumentos tienen lecturas de 0 (cero) W/m<sup>2</sup>.

### **5.8.2. Temperatura:**

Aunque se cuenta con un dato de temperatura en la EMA cada cinco minutos, el análisis se aplicó sobre temperaturas inter-horarias (registro de un dato puntual cada dos horas). Esto se debe a que los procedimientos actuales de registro en la estación convencional U.C.V. estipulan que la interpretación de las bandas del termohigrógrafo se realice de esa manera (ver planillas en el anexo 12.B). El período evaluado consta de varias muestras entre los días 14/10/1999 y 29/03/2000.

### **5.8.3. Precipitación:**

Los datos de precipitación evaluados corresponden a las lluvias ocurridas para las 24 horas de cada día, en los períodos comprendidos entre los días 1° de octubre y 10 de diciembre de 1999 y entre el mes de enero y el 15 de junio del año 2000. Debe observarse que buena parte de estos lapsos coincide con el período seco en esta región, inconveniente que se suma a una entrada tardía de la temporada de lluvias, esperada para finales del mes de abril. Por estas razones, la mayor parte de los datos corresponde a precipitaciones muy leves (intensidades menores que 2 mm/h). Los resultados del estudio tendrán pues una validez limitada a precipitaciones de hasta 20 mm de lluvia acumulada en 24 horas.

Los dos instrumentos comparados se basan en un mismo principio mecánico, el de cubetas de ladeo o balancín, el cual requiere ser llenado por cierto volumen de agua antes de hacer efectivo el registro. Cuando la cantidad de lluvia recogida en un momento dado no es suficiente para hacer volcar al balancín, éste puede alojar ese volumen de agua hasta la próxima precipitación. Con la ocurrencia de una nueva precipitación, el balancín volcará (y se efectuará un registro) aún antes de que la lluvia alcance el nivel necesario para ello, pues bastará que se recoja una cantidad de agua que se suma a la ya existente en el balancín y le haga volcar.

De esa manera, habrá registros de lluvias menores que lo precipitado en realidad (al omitirse la última fracción precipitada), mientras otros registros serán mayores que la lluvia real (al incluir una fracción de la lluvia anterior). Puesto que el sensor electrónico posee una mejor apreciación (0,1 mm) que aquella del pluviógrafo convencional (0,2 mm), esta afección de los registros será diferente para cada instrumento. Esto implica diferencias que serán notorias en el análisis de las intensidades de lluvia que pueda efectuar la oficina meteorológica, pero que se verán atenuadas en caso de estudiar la precipitación acumulada. Por estas razones, el análisis de este trabajo se efectuará sobre los registros de precipitación acumulada en veinticuatro horas, como en el estudio del servicio mexicano de Meteorología [2], y no según períodos horarios o por precipitación ocurrida.

Por último, para el momento de comparar las series de datos resultó evidente la necesidad de excluir del análisis aquellos días sin registro de precipitación en ambos instrumentos, análogamente a lo efectuado con las horas nocturnas en la comparación de la radiación solar.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Radiación Solar Total

#### 6.1.1. Magnitud de las diferencias de Radiación Solar Total

FASE 1: Los resultados del análisis realizado con el programa de hojas de cálculo son los que se muestran a continuación:

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
Dpto. de Ingeniería Hidrometeorológica

DATOS DE LA ESTACIÓN  
Número: 0539  
Nombre: U.C.V.

#### SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

ABRIL 2000

#### Comparación de registros de EMA y Estación convencional

Lapso: 29/03/2000 18:00:00 - 27/04/2000 18:00:00

MDIF y SDIF

Diferencia media EMA - ECC ( $W/m^2$ ):	9,4
Desviación estándar de diferencias:	73,8

MDIF<sub>va</sub> y SDIF<sub>va</sub>

Media de V.A. de Diferencias:	51,1
Desv. est. de V.A. de diferencias:	54,1

MDIF% y SDIF%

Dif. porcentual media según ECC:	18,40
Desv. est. de dif. porcentual (ECC):	51,68

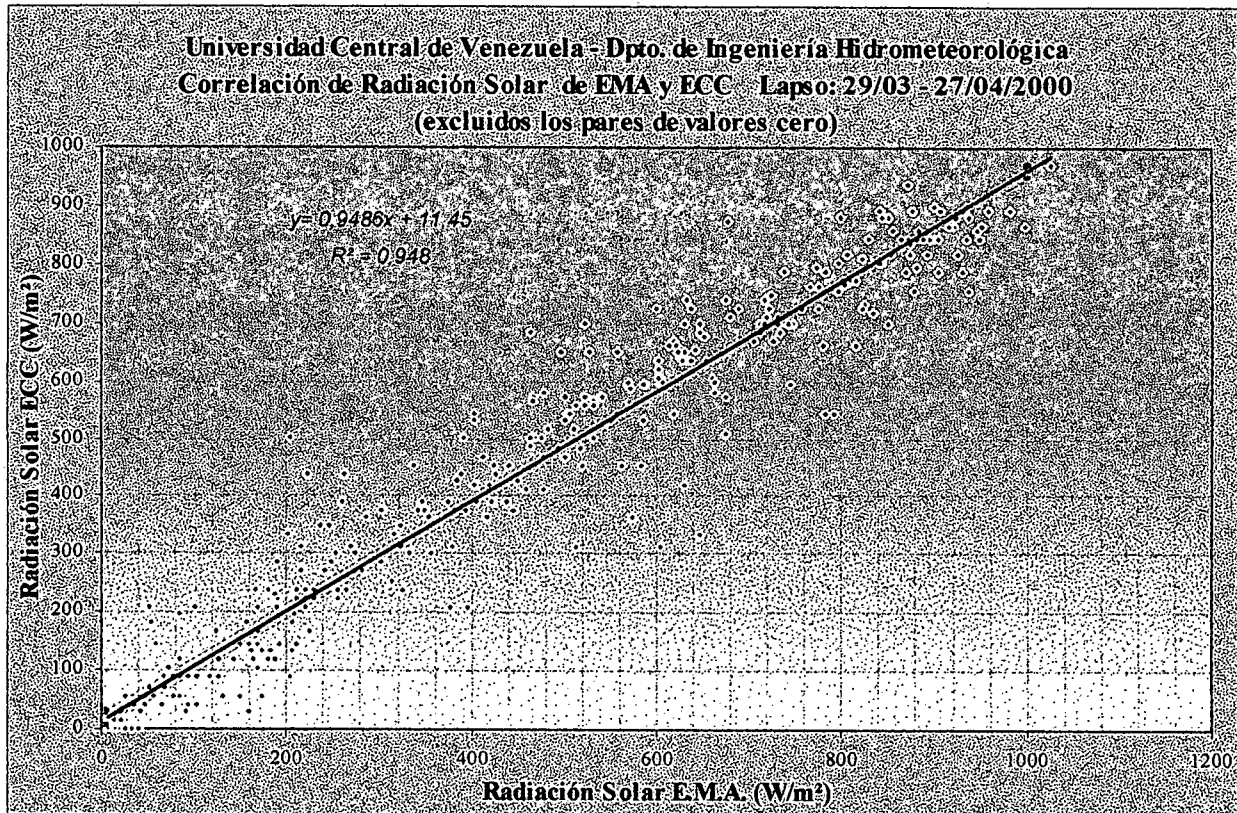
MDIF%<sub>va</sub> y SDIF%<sub>va</sub>

Media de V.A. de dif. porcentual:	30,75
Desv. est. de V.A. de dif. porcentual:	45,42

Coef. de correlación (R) EMA / ECC:	0,97365
Coeficiente de correlación R <sup>2</sup> :	0,94800

Gráfico 1

## Correlación de valores ECC/EMA de radiación



El resultado de la correlación debe ser evaluado con cautela. El coeficiente  $R^2$  se acerca bastante a la unidad, pero el cálculo de la recta de tendencia no toma en cuenta la comparación con los rangos de aceptación que se usan como criterio básico de este estudio (ver gráfico 1). Este parámetro podría ser indicativo de que las diferencias tienen un comportamiento estrictamente lineal, en condiciones donde la dispersión de los datos no fuese tan elevada. Nótese que el término independiente de la recta (11,45) tiene prácticamente el mismo valor ya que el módulo de la incertidumbre definida por  $\Delta OMM$  (11,6). El rango de los parámetros  $\Delta OMM$  se muestra con las rectas de trazo discontinuo alrededor de la recta de ajuste.

**FASE 2:** Comparación de diferencias con parámetros de incertidumbre aceptable**Tabla 12***Comparación de diferencias de Radiación Solar con parámetros OMM*

<i>MDIF</i>	<i>SDIF</i>	<i>ΔOMM</i>	<i>Relación MDIF / ΔOMM</i>	<i>Relación SDIF / ΔOMM</i>
9,7 W/m <sup>2</sup>	73,8 W/m <sup>2</sup>	11,6 W/m <sup>2</sup>	0,836	6,362
<i>MDIFva</i>	<i>SDIFva</i>	<i>ΔOMM</i>	<i>Relación MDIFva / ΔOMM</i>	<i>Relación SDIFva / ΔOMM</i>
51,1 W/m <sup>2</sup>	54,1 W/m <sup>2</sup>	11,6 W/m <sup>2</sup>	4,405	4,664

**Tabla 13***Comparación de diferencias de Radiación Solar con incertidumbre de instrumentos*

<i>MDIF</i>	<i>SDIF</i>	<i>ΔINST</i>	<i>Relación MDIF / ΔINST</i>	<i>Relación SDIF / ΔINST</i>
9,7 W/m <sup>2</sup>	73,8 W/m <sup>2</sup>	11,3 W/m <sup>2</sup>	0,858	6,531
<i>MDIFva</i>	<i>SDIFva</i>	<i>ΔINST</i>	<i>Relación MDIFva / ΔINST</i>	<i>Relación SDIFva / ΔINST</i>
51,1 W/m <sup>2</sup>	54,1 W/m <sup>2</sup>	11,3 W/m <sup>2</sup>	4,522	4,788

Obsérvese que los valores de las relaciones de MDIF con los parámetros de incertidumbre son decimales que se acercan a la unidad. Esto podría llevar a calificar la comparación como aceptable. Sin embargo, el estadístico MDIF pierde significación al verse lo elevado de su desviación estándar ( $SDIF = 73,8 \text{ W/m}^2$ ), que evalúa la dispersión entre un valor máximo positivo y un mínimo negativo.

De manera similar ocurre con el promedio de valores absolutos de las diferencias, notablemente mayor que el promedio anterior: MDIFva = 51,1 W/m<sup>2</sup>. Se le asocia una dispersión elevada (SDIFva = 54,1 W/m<sup>2</sup>), mas no tanto como lo indicado por el estadístico SDIF.

**6.1.2. Naturaleza de las diferencias de Radiación Solar Total**

FASE 1: A continuación se muestran las tablas de resúmenes estadísticos para las diferencias de valores de radiación solar total en W/m<sup>2</sup>:

**Tabla 14**  
*Sumario estadístico de diferencias de Radiación Solar*

**Diferencias EMA-ECC y sus Valores Abs.**

Estadísticos	Variables	
	Diferencias de Radiación Solar EMA-ECC	Valor Absoluto de Diferencias
N	378	378
Media	9,69	51,08
Mediana	10,87	32,82
Mínimo	-236,08	,12
Máximo	368,72	368,72
Rango	604,80	368,60
Desv. estándar	73,84	54,13
Coef. de asimetría	,436	2,231

Ntotal → (pointing to the 'N' row)  
 MDIF → (pointing to the 'Media' row, column 'Valor Absoluto de Diferencias')  
 MDIFva → (pointing to the 'Media' row, column 'Valor Absoluto de Diferencias')  
 SDIFva → (pointing to the 'Desv. estándar' row, column 'Valor Absoluto de Diferencias')  
 SDIF → (pointing to the 'Coef. de asimetría' row, column 'Valor Absoluto de Diferencias')

Tablas 15 y 16

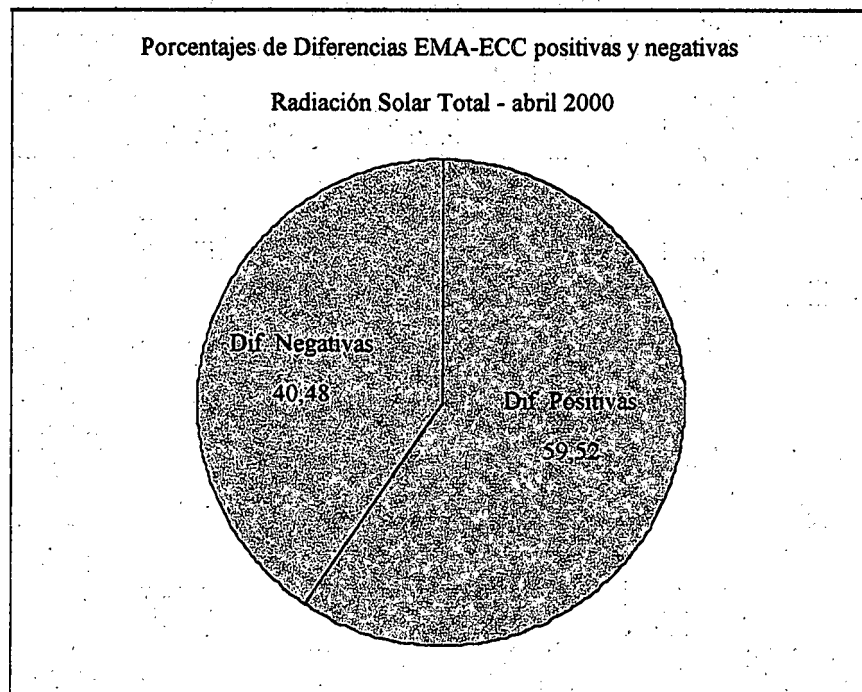
Sumario estadístico de diferencias positivas y negativas de Radiación Solar

Diferencias Positivas		Diferencias Negativas	
Variables: DIF_POS		DIF_NEG	
Npos	N	225	Nneg
	Media	51,05	-51,13
	Mediana	33,31	-32,80
	Mínimo	,12	-236,08
	Máximo	368,72	-,89
	Rango	368,60	235,18
	Desv. estándar	56,29	50,97
	Coef. de asimetría	2,539	-1,620

Debe notarse en las tablas 15 y 16 la similitud entre la magnitud de los promedios de las diferencias positivas y negativas, ambas alrededor de los 51 W/m<sup>2</sup>. De los valores de N (número de diferencias EMA-ECC) se calcularon las siguientes relaciones porcentuales:

- Porcentaje de diferencias positivas:  $N_{pos}/N_{total} \times 100\% = 225/378 \times 100\% = 59,52\%$
- El restante 40,48% del total de diferencias corresponde a diferencias negativas.

Gráfico 2



**FASE 2:** Los resultados de las páginas que siguen corresponden a resúmenes estadísticos similares a los anteriores, pero discriminando las diferencias por rangos de radiación medida, horas del día y tendencias de la radiación.

- 2A) Rangos de los valores de radiación en la ECC

Del sumario estadístico (tabla I, anexo 13.A) y del gráfico 3 se extrae que las diferencias EMA-ECC promedio son negativas en los rangos de 200 a 300 W/m<sup>2</sup> y de 500 a 700 W/m<sup>2</sup>. Consultando el gráfico 4 se encuentra que el número de diferencias negativas es mayor que el de diferencias positivas en esos rangos, como se cuantifica porcentualmente en las tablas 17 y 18. Sin embargo, no se observa una tendencia definida: en contraste con lo expuesto, las mediciones de la EMA parecen ser mucho mayores que las de la ECC para valores menores que 200 W/m<sup>2</sup>, así como en los casos de elevada radiación (de 700 a 900 W/m<sup>2</sup>). Para el resto de los valores, las cantidades de diferencias positivas y negativas se muestran equilibradas.

**Gráfico 3: Diferencias discriminadas por rangos de Radiación Solar medida en la ECC**

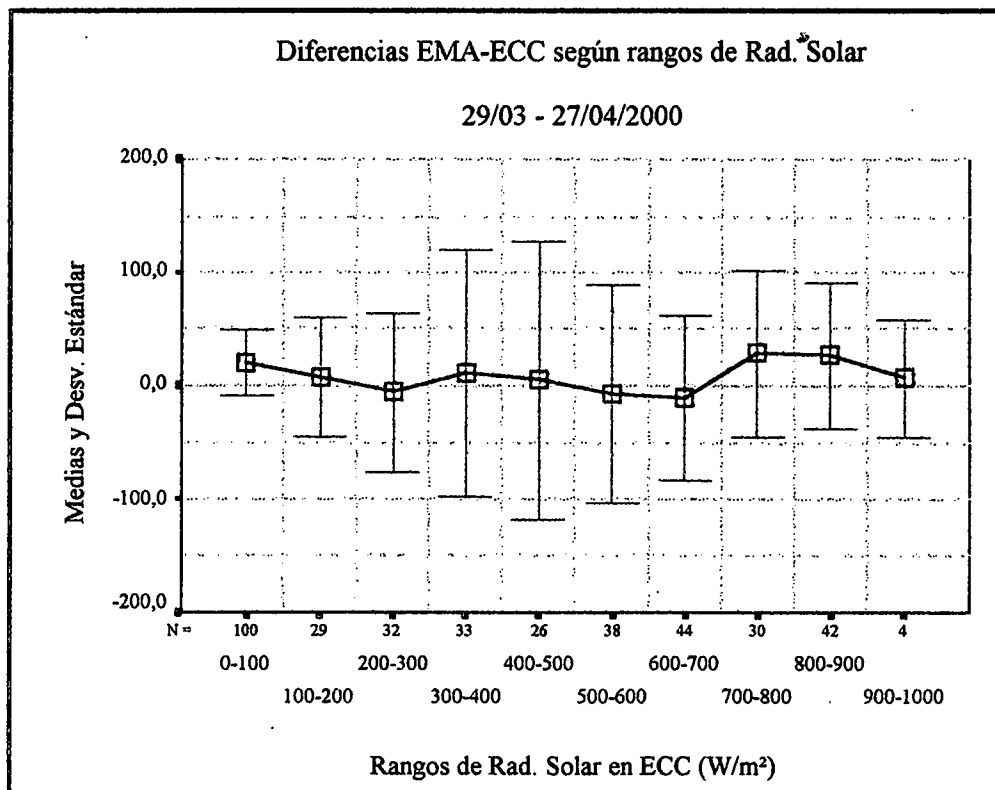
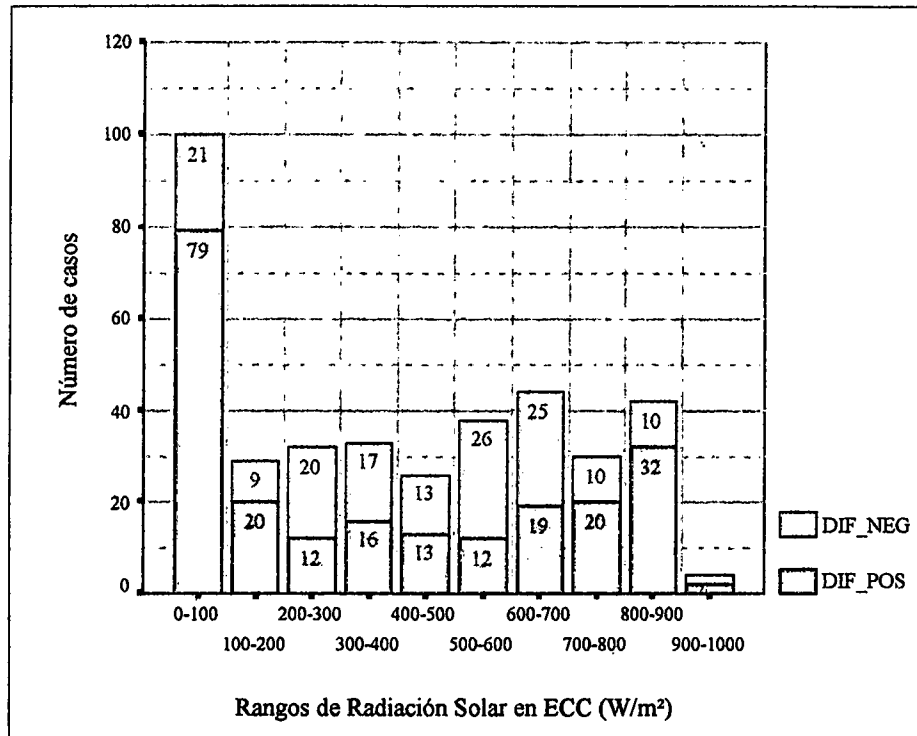


Gráfico 4: Número de diferencias positivas y negativas según rangos de Radiación Solar



Tablas 17 y 18: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según rangos de Radiación Solar

	Rangos de Radiación Solar en ECC (W/m²)	Casos		
		Válidos		Total
		N	Percent.	N
Diferencias Positivas	0-100	79	79,0%	100
	100-200	20	68,0%	29
	200-300	12	37,5%	32
	300-400	16	48,5%	33
	400-500	13	50,0%	26
	500-600	12	31,6%	38
	600-700	19	43,2%	44
	700-800	20	68,7%	30
	800-900	32	76,2%	42
	900-1000	2	50,0%	4

	Rangos de Radiación Solar en ECC (W/m²)	Casos		
		Válidos		Total
		N	Percent.	N
Diferencias Negativas	0-100	21	21,0%	100
	100-200	9	31,0%	29
	200-300	20	62,5%	32
	300-400	17	51,5%	33
	400-500	13	50,0%	26
	500-600	26	68,4%	38
	600-700	25	56,8%	44
	700-800	10	33,3%	30
	800-900	10	23,8%	42
	900-1000	2	50,0%	4

En el gráfico 5 se ilustran las magnitudes de los valores absolutos de las diferencias. Allí puede verse que éstos tienden a ser mayores en los rangos medios de radiación, con un promedio máximo de 81,55 W/m² para mediciones entre los 400 y 500 W/m². Esto se ve corroborado en los gráficos 6 y 7, donde las diferencias positivas y negativas presentan sus valores de mayor magnitud cerca del mismo rango.

Sin embargo, debe notarse la gran amplitud de las desviaciones estándar asociadas a estos promedios, representadas por las líneas verticales de intervalos (I) ubicadas sobre cada punto. Esto indica un alto grado de incertidumbre en cuanto a la representatividad de dichos promedios. En la tabla II (anexo 13.A) se puede ver que esta desviación tiene un valor de unos 91 W/m<sup>2</sup> para el promedio de valores absolutos en el rango de 400 a 500 W/m<sup>2</sup>.

Gráfico 5: Valores absolutos de las diferencias discriminados por rangos de R.S. en la ECC

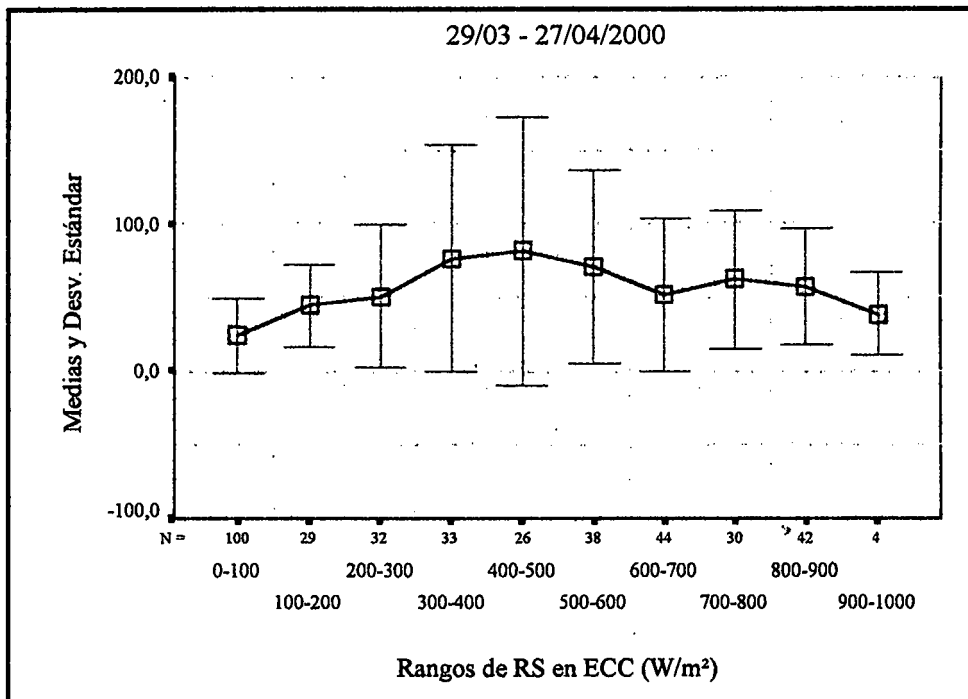


Gráfico 6: Diferencias positivas discriminadas por rangos de R.S. en la ECC

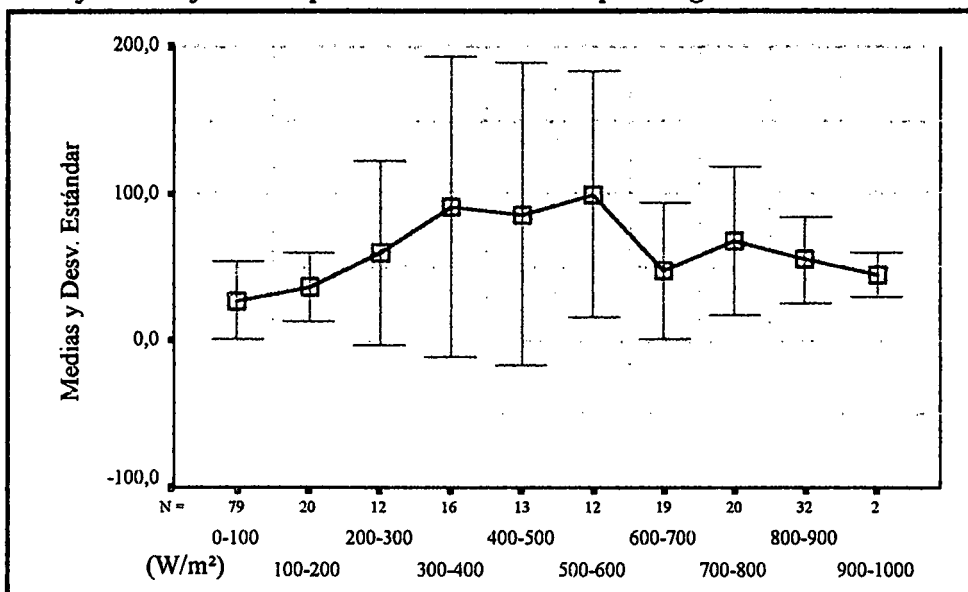
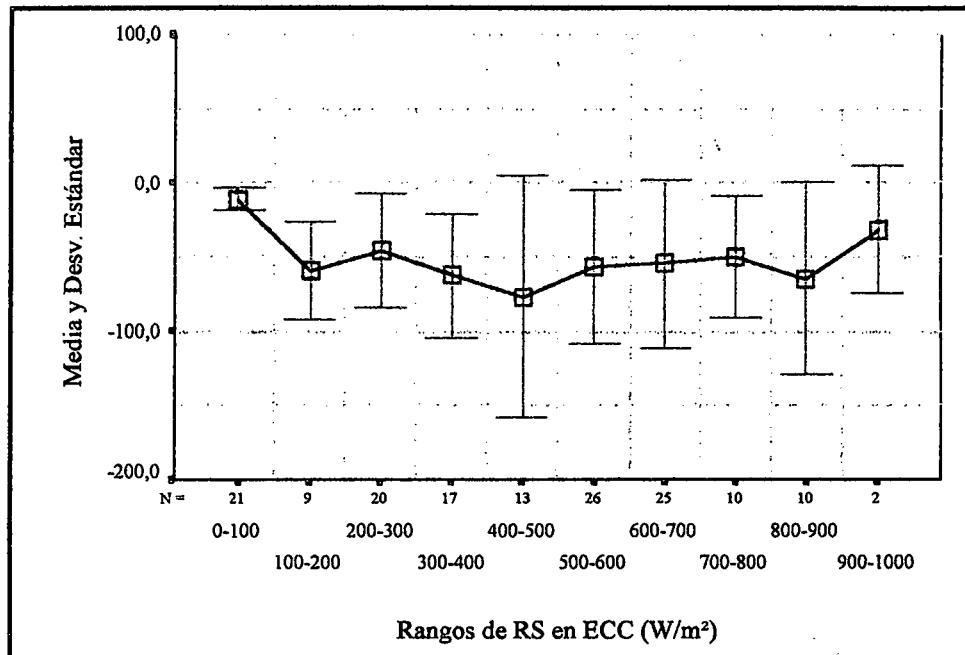


Gráfico 7: Diferencias negativas discriminadas por rangos de R.S. en la ECC



## - 2B) Horas de ocurrencia de las diferencias

Al discriminar las diferencias promedio según las horas del día (Hora Legal de Venezuela) se observa que son positivas en su mayoría. Esto puede verse en el gráfico 8 (los valores correspondientes se dan en la tabla I, anexo 13.A); los promedios negativos ocurren en los períodos de 09:00 a 11:00 HLV, donde son de poca magnitud, y de 16:00 a 18:00 HLV, con diferencias más marcadas.

Lo anterior se corresponde con lo que muestra el gráfico 9, donde se observa que el número de diferencias negativas es mayor que el de las positivas sólo en los períodos mencionados. Los valores del eje horizontal son las horas finales de los períodos horarios, a cada uno de los cuales corresponde una barra de frecuencias (número de diferencias por período). Los porcentajes asociados a estos números se muestran en las tablas 19 y 20. La preponderancia más marcada de las diferencias positivas parece darse entre las 06:00 y las 08:00, entre las 11:00 y las 12:00 y también al anochecer, entre las 18:00 y las 19:00. Para las horas de la tarde, las diferencias positivas y negativas se presentan en cantidades más equilibradas.

Gráfico 8: Diferencias de Radiación Solar discriminadas según horas del día

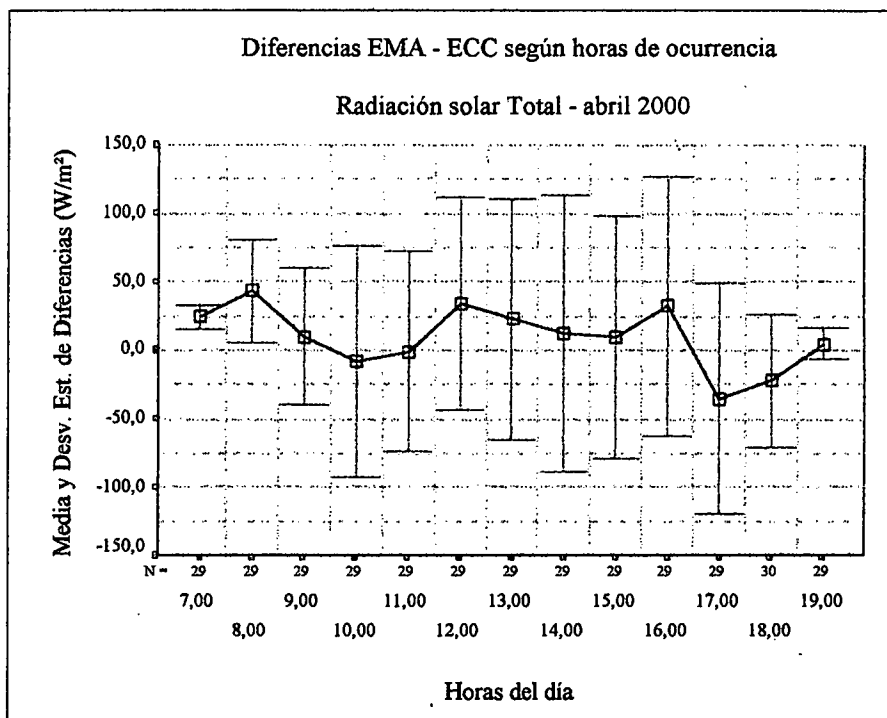
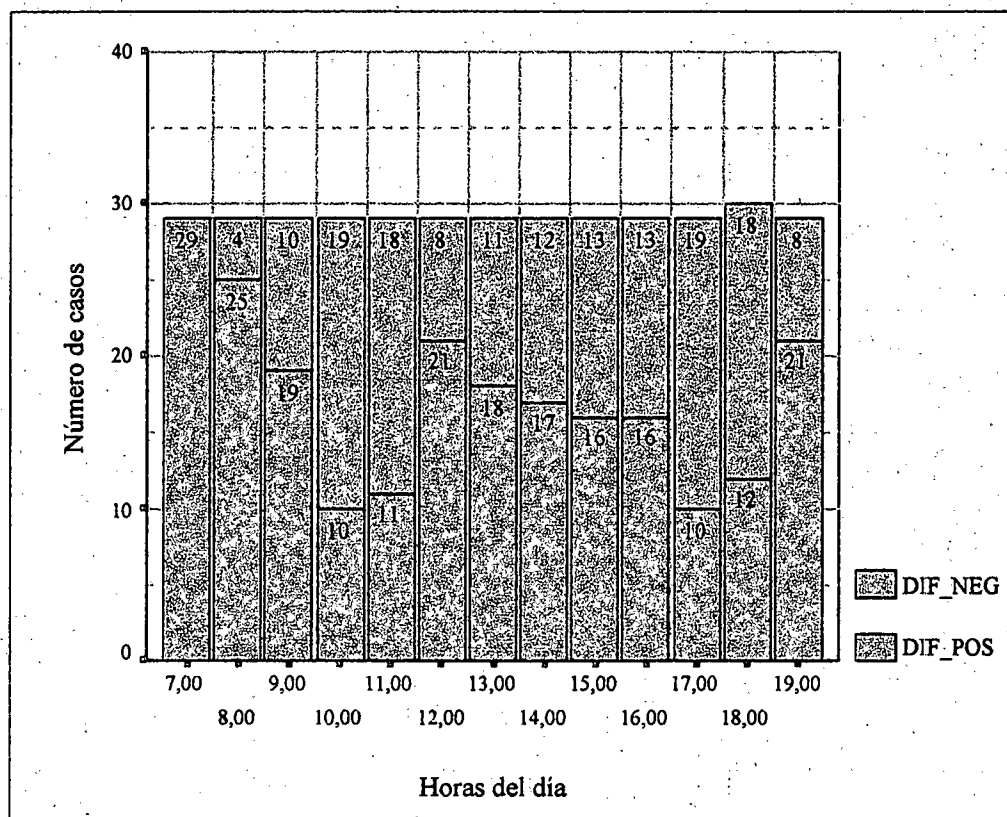


Gráfico 9: Número de diferencias positivas y negativas según horas del día (Radiación Solar)



Tablas 19 y 20: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según horas del día (Rad. Solar)

HORA	Diferencias Positivas		
	Válidos		Total
	N	Porcent.	N
7,00	29	100,0%	29
8,00	25	86,2%	29
9,00	19	65,5%	29
10,00	10	34,5%	29
11,00	11	37,9%	29
12,00	21	72,4%	29
13,00	18	62,1%	29
14,00	17	58,6%	29
15,00	16	55,2%	29
16,00	16	55,2%	29
17,00	10	34,5%	29
18,00	12	40,0%	30
19,00	21	72,4%	29

HORA	Diferencias Negativas		
	Válidos		Total
	N	Porcent.	N
8,00	4	13,8%	29
9,00	10	34,5%	29
10,00	19	65,5%	29
11,00	18	62,1%	29
12,00	8	27,6%	29
13,00	11	37,9%	29
14,00	12	41,4%	29
15,00	13	44,8%	29
16,00	13	44,8%	29
17,00	19	65,5%	29
18,00	18	60,0%	30
19,00	8	27,6%	29

En el gráfico 10 puede verse que los valores absolutos (promedio) muestran un aumento sostenido desde la mañana hasta horas de la tarde, con dos máximos relativos durante el día, de unos 71,5 W/m<sup>2</sup>, en los periodos horarios de 12:00-13:00 y de 15:00-16:00 (ver tabla VI, anexo 13.A). Es notoria la correspondencia gráfica con el comportamiento de las diferencias positivas y negativas (gráficos 11 y 12). En general, las diferencias para las horas del amanecer y el anochecer, con lecturas bajas de radiación, son menores que en las horas de mayor radiación.

Gráfico 10: Valores absolutos de las diferencias discriminados según horas del día

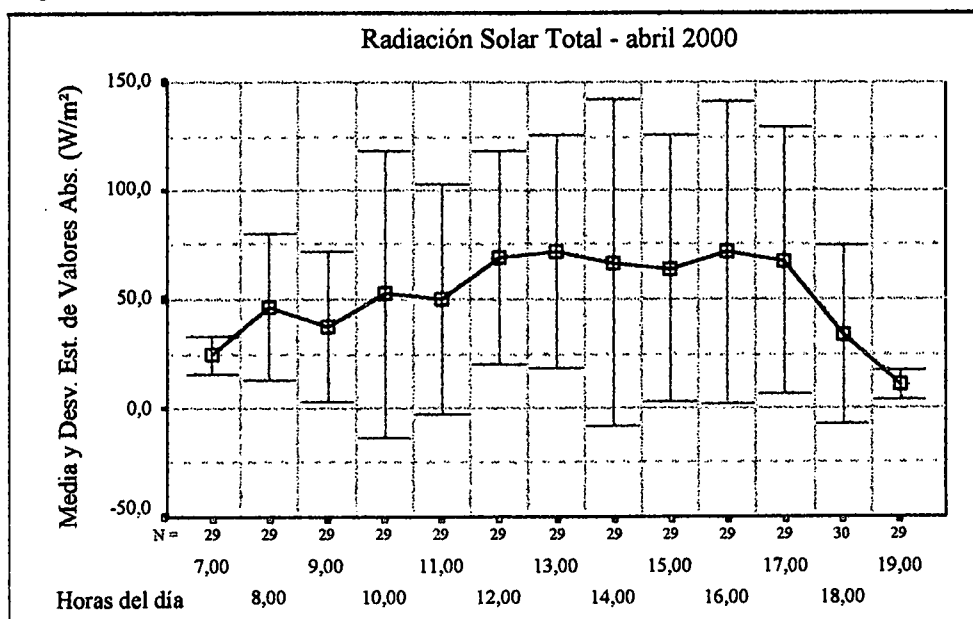


Gráfico 11: Diferencias positivas discriminadas según horas del día

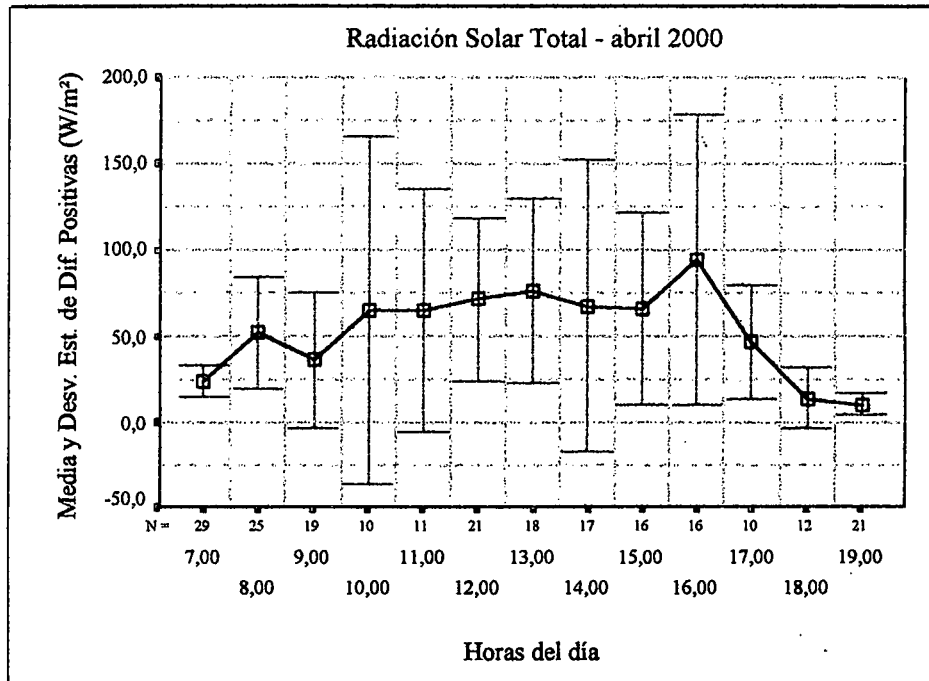
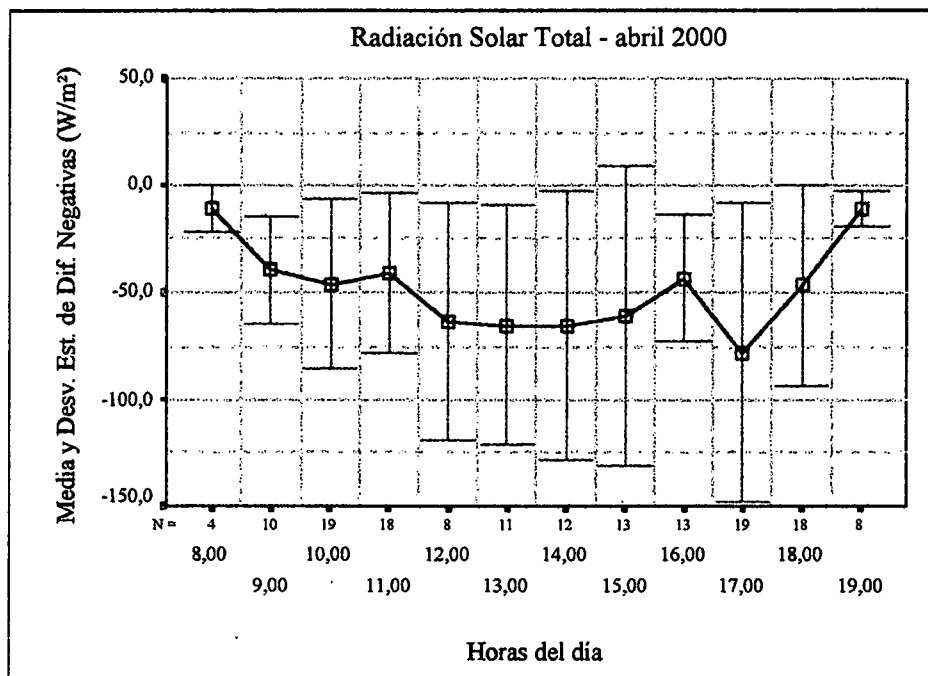


Gráfico 12: Diferencias negativas discriminadas según horas del día



- 2C) Tendencia de los valores de radiación solar (ascensos o descensos)

La tabla 21 muestra que las diferencias promedio, estudiadas de acuerdo a la tendencia ascendente o descendente de la radiación, arrojan promedios positivos. Tanto para períodos de ascenso como de descenso de la radiación se observa que el número de diferencias positivas es mayor que el de diferencias negativas, como se muestra en el gráfico 13. Las relaciones porcentuales correspondientes se presentan en la tabla 22: en los períodos de ascenso, el 56,6% de las diferencias son positivas; durante los descensos, las diferencias positivas representan el 59,6 por ciento del total de los casos. En la representación gráfica del anexo 9.C puede verse como existen tanto casos en que el instrumento convencional presenta mayor inercia que el sensor electrónico como casos donde ocurre lo contrario.

**Tabla 21**

*Sumario estadístico de diferencias discriminadas según tendencia de Radiación Solar*

Tendencia		Diferencias EMA-ECC	Valores Absolutos de Diferencias
Descenso	N	188	188
	Media	8,5	51,1
	Mediana	9,7	29,4
	Mínimo	-236,1	,1
	Máximo	313,0	313,0
	Rango	549,1	312,9
	Desv. estándar	77,6	58,9
	Coef. de asimetría	,377	2,062
Ascenso	N	173	173
	Media	9,8	51,8
	Mediana	11,1	37,0
	Mínimo	-195,0	1,0
	Máximo	368,7	368,7
	Rango	563,7	367,7
	Desv. estándar	71,2	49,6
	Coef. de asimetría	,634	2,511

Gráfico 13: Número de diferencias positivas y negativas según tendencias de Radiación Solar

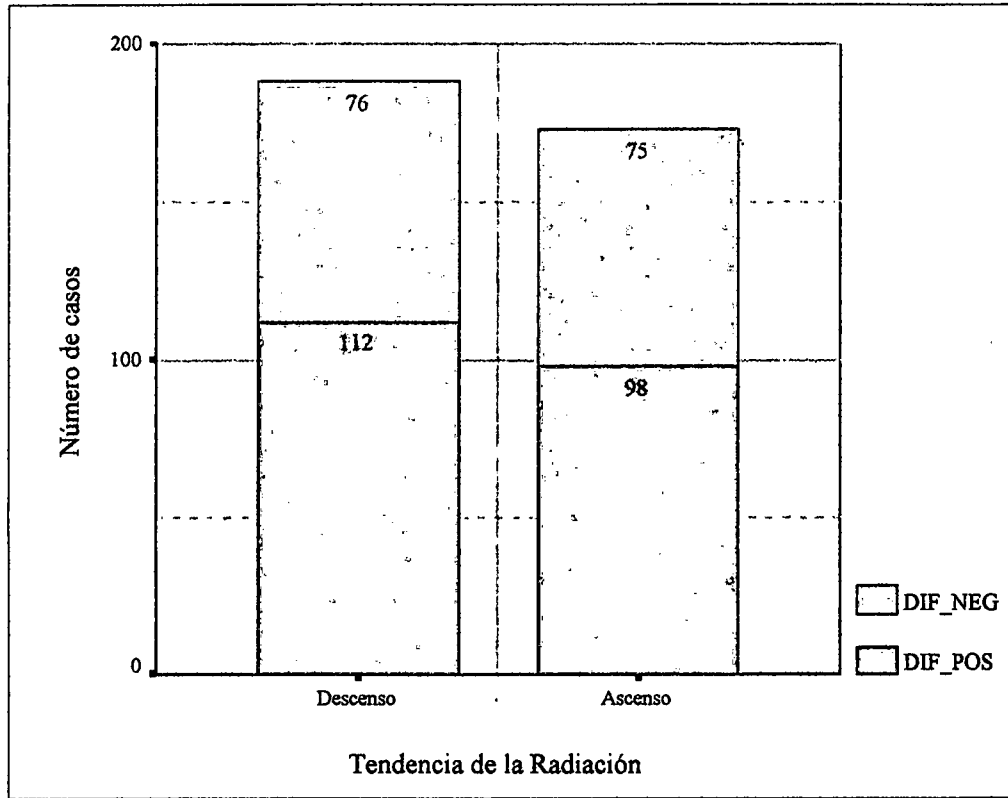


Tabla 22: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según tendencias de Radiación Solar

Tendencia de R.S. de un hora a otra	Casos		
	Válidos		Total
	N	Porcent.	N
Diferencias Positivas Descenso	112	59,6%	188
Diferencias Positivas Ascenso	98	56,6%	173
Diferencias Negativas Descenso	76	40,4%	188
Diferencias Negativas Ascenso	75	43,4%	173

En las tablas 23 y 24 puede verse la semejanza entre las magnitudes promedio de las diferencias positivas y negativas, tanto para valores de radiación en ascenso como en el descenso de los mismos.

Tabla 23: Resumen estadístico de diferencias positivas según tendencias de Radiación Solar

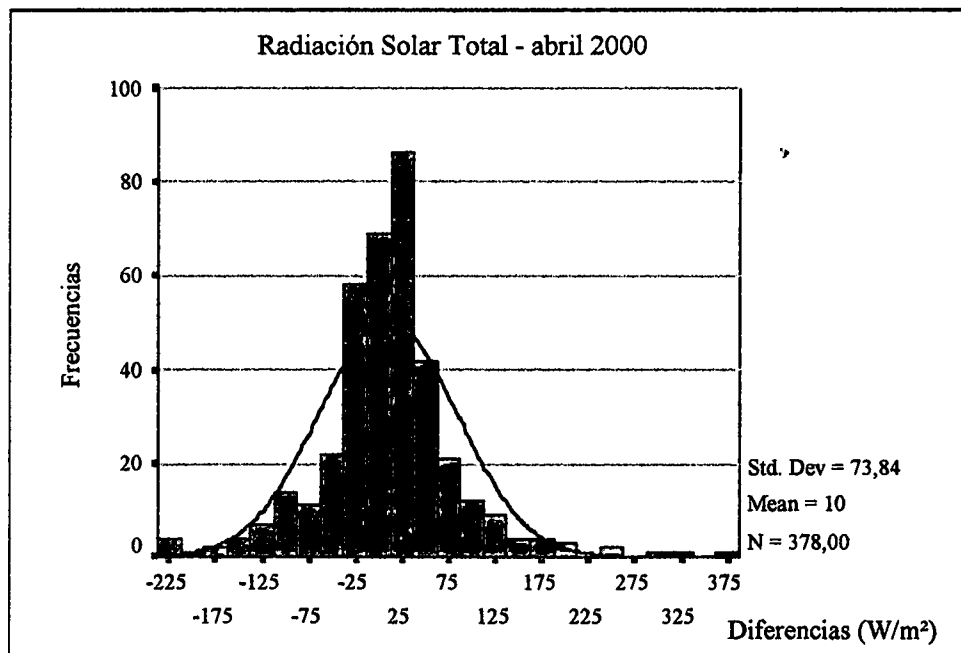
	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. Estándar	Coef. de Asimetría
Descenso	112	50,0	28,6	1	313,0	312,9	61,0	2,278
Ascenso	98	54,4	39,8	1,0	368,7	367,7	53,4	2,936
Total	210	52,1	34,3	1	368,7	368,6	57,4	2,499

Tabla 24: Resumen estadístico de diferencias negativas según tendencias de Radiación Solar

	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. Estándar	Coef. de Asimetría
Descenso	76	-52,8	-30,5	-236,1	-9	235,2	56,2	-1,701
Ascenso	75	-48,5	-34,8	-195,0	-1,1	193,9	44,3	-1,436
Total	151	-50,6	-32,8	-236,1	-9	235,2	50,5	-1,656

**FASE 3:** Para la serie de diferencias EMA-ECC, la mediana y la media tienen valores muy similares (ver tabla 14). Considerando la magnitud del coeficiente de asimetría, puede deducirse que las diferencias no se distribuyen de manera perfectamente simétrica alrededor de la media. Esos resultados se corresponden con lo que muestra el histograma de frecuencias de las diferencias EMA-ECC para el período estudiado (gráfico 14). El histograma pareciera reflejar una tendencia hacia la normalidad en la distribución de las diferencias, pero con un ligero sesgo.

Gráfico 14: Histograma de frecuencias de diferencias EMA-ECC



### 6.1.3. Diagnóstico de la transición en la medición de Radiación Solar Total

En base a los criterios expuestos, debe tomarse el estado de la transición de los registros de radiación solar total como INACEPTABLE.

## 6.2. Temperatura del aire

### 6.2.1. Magnitud de las diferencias de Temperatura

FASE 1: Resultados del análisis realizado con el programa de hojas de cálculo:

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
Dpto. de Ingeniería Hidrometeorológica

DATOS DE LA ESTACIÓN  
Número: 0539  
Nombre: U.C.V.

#### SERIE DE TEMPERATURA DEL AIRE

#### Comparación de registros de EMA y Estación convencional

Lapso : 14/10/1999 20:00:03 - 29/03/2000 08:00:00

MDIF y SDIF

Diferencia media EMA - ECC (°C) :	-0,2
Desviación estándar de diferencias :	0,8

MDIFva y SDIFva

Media de V.A. de Diferencias:	0,6
Desv. est. de V.A. de diferencias:	0,6

MDIF% y SDIF%

Dif. porcentual media según ECC :	-1,09
Desv. est. de dif. porcentual (ECC):	3,77

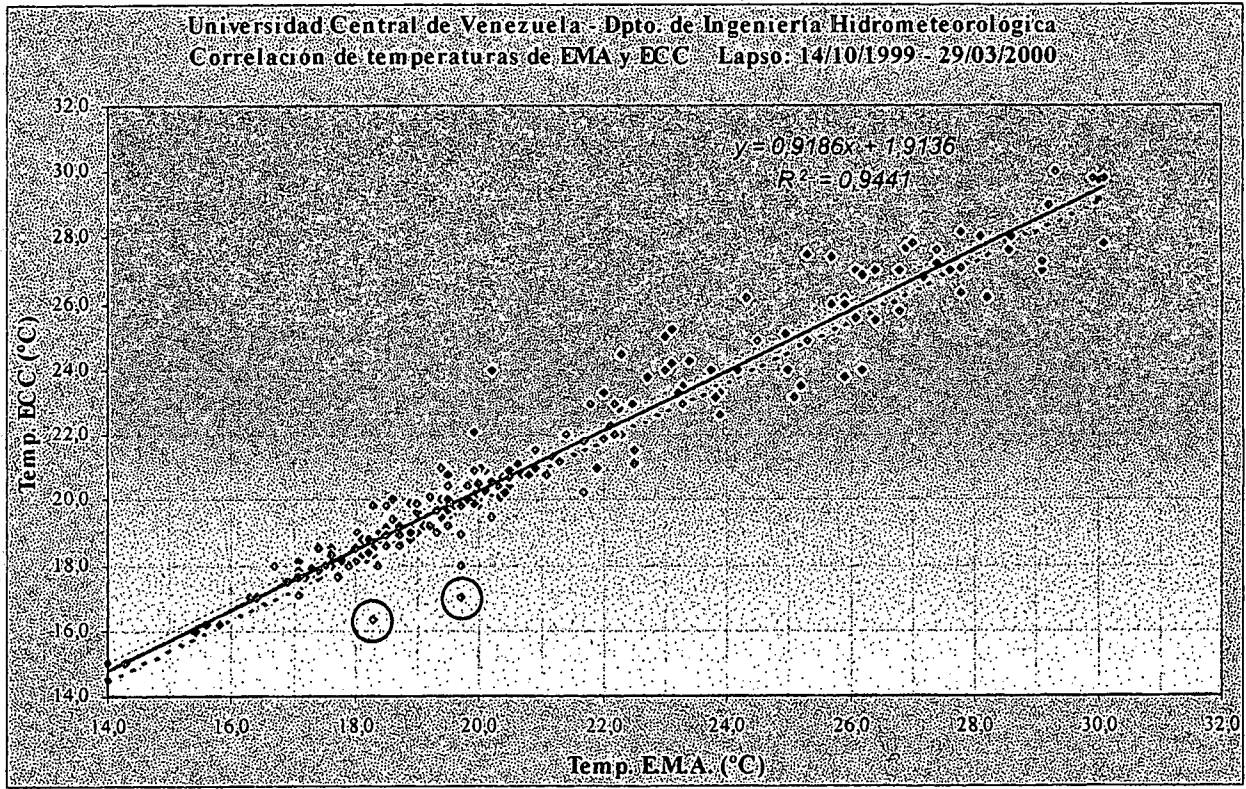
MDIF%va y SDIF%va

Media de V.A. de dif. porcentual :	2,88
Desv. est. de V.A. de dif. porcent.: :	2,66

Coef. de correlación (R) EMA / ECC:	0,9717
Coeficiente de correlación R <sup>2</sup> :	0,9441

Gráfico 15

## Correlación de valores ECC/EMA de temperatura



La recta de ajuste por mínimos cuadrados no refleja una correlación perfecta. El punto de corte con el eje de las temperaturas de la ECC es bastante elevado (1,91° C), y la pendiente se aleja de la unidad por casi tanto como una décima. Sin embargo, puede notarse que para los valores bajos de temperatura los datos se distribuyen establemente alrededor de la recta, con pocas excepciones, y quedan dentro del rango de incertidumbre estipulado para la comparación (entre las líneas discontinuas rojas). El coeficiente  $R^2$ , aproximadamente igual a 0,94 , brinda cierta garantía del comportamiento lineal de las diferencias a lo largo del rango total de temperaturas.

FASE 2: Comparación de diferencias con parámetros de incertidumbre aceptable**Tabla 25***Comparación de diferencias de Temperatura con parámetros OMM de incertidumbre aceptable*

<i>MDIF</i>	<i>SDIF</i>	<i><math>\Delta OMMa</math></i>	<i>Relación MDIF / <math>\Delta OMMa</math></i>	<i>Relación SDIF / <math>\Delta OMMa</math></i>
-0,2° C	0,8° C	$\pm 0,3^{\circ}$ C	0,667	2,667
<i>MDIFva</i>	<i>SDIFva</i>	<i><math>\Delta OMMa</math></i>	<i>Relación MDIFva / <math>\Delta OMMa</math></i>	<i>Relación SDIFva / <math>\Delta OMMa</math></i>
0,6° C	0,6° C	$\pm 0,3^{\circ}$ C	2,000	2,000

La tabla 25 resume la comparación de las diferencias promedio halladas con los parámetros de incertidumbre aceptable utilizados como referencia. La relación entre MDIF y los parámetros de incertidumbre es de 2:3, mientras la desviación estándar asociada a ese promedio es casi tres veces mayor que el parámetro de comparación. Este resultado debe estar influenciado por la gran dispersión que muestran los valores en los rangos de temperaturas altas, en contraste con la mejor correlación hallada para las temperaturas bajas (gráfico 15).

El promedio de los valores absolutos muestra la existencia de diferencias mayores que las reflejadas por la media aritmética, con un valor exactamente igual al doble del parámetro de comparación  $\Delta OMMa$ . La desviación estándar asociada tiene exactamente el mismo valor que MDIFva (0,6° C), y por ende la misma relación con  $\Delta OMMva$ . Téngase presente que la comparación aplicada a los valores absolutos tiene mayor significación en este estudio que la que se efectúa con MDIF y SDIF.

Tabla 26

Comparación de diferencias de Temperatura con incertidumbre de los instrumentos

<i>MDIF</i>	<i>SDIF</i>	$\Delta INST$	<i>Relación MDIF / <math>\Delta INST</math></i>	<i>Relación SDIF / <math>\Delta INST</math></i>
-0,2° C	0,8° C	$\pm 0,7^\circ C$	<b>0,286</b>	<b>1,143</b>
<i>MDIFva</i>	<i>SDIFva</i>	$\Delta INST$	<i>Relación MDIFva / <math>\Delta INST</math></i>	<i>Relación SDIFva / <math>\Delta INST</math></i>
0,6° C	0,6° C	$\pm 0,7^\circ C$	<b>0,857</b>	<b>0,857</b>

En la comparación que se resume en la tabla 26 los resultados son favorables, pues el promedio y la desviación estándar de los valores absolutos se encuentran dentro del rango de incertidumbre instrumental. Esta última viene dada por la suma de las incertidumbres de los dos tipos de instrumento.

### 6.2.2. Naturaleza de las diferencias de Temperatura

**FASE 1:** A continuación se muestran las tablas de resúmenes estadísticos para las diferencias de valores de temperatura en grados Celsius:

Tabla 27: Sumario estadístico de diferencias de Temperatura

#### Diferencias EMA-ECC y sus Valores Abs.

Estadísticos	Variables	
	Diferencias de Temperatura EMA - ECC	Valores Absolutos de Diferencias
N	224	224
Media	-,21	,62
Mediana	-,20	,50
Mínimo	-3,80	,00
Máximo	2,70	3,80
Rango	6,50	3,80
Desv. estándar	,83	,60
Coef. de asimetría	,420	1,825

Tablas 28 y 29

Sumario estadístico de diferencias positivas y negativas de Temperatura

Diferencias Positivas de Temp.

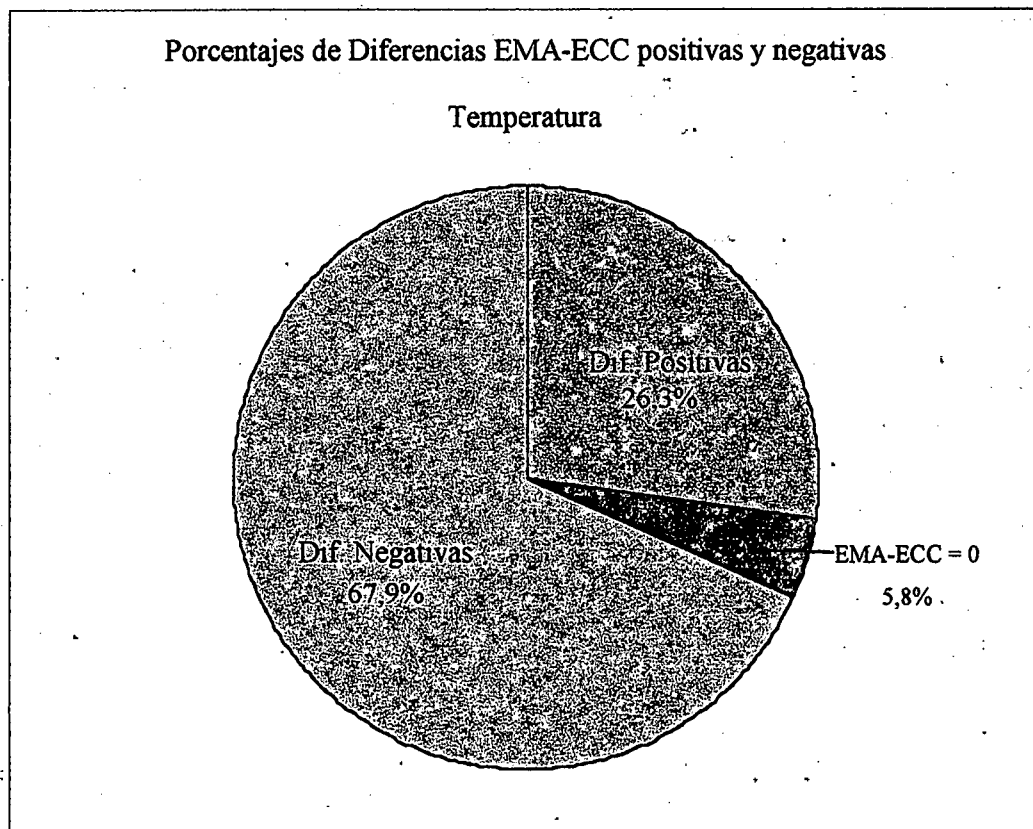
Diferencias EMA-ECC Positivas	
N	59
Media	,77
Mediana	,50
Mínimo	,10
Máximo	2,70
Rango	2,60
Desv. estándar	,73
Coef. de asimetría	1,001

Diferencias Negativas de Temp.

DIF_NEG	
N	152
Media	-,61
Mediana	-,50
Mínimo	-3,80
Máximo	-,10
Rango	3,70
Desv. estándar	,53
Coef. de asimetría	-2,427

En las tablas 28 y 29 se puede ver que las diferencias en las mediciones de temperatura son en su mayoría negativas, las cuales son en promedio menores que las diferencias positivas. Los porcentajes correspondientes se presentan en el gráfico 16.

Gráfico 16

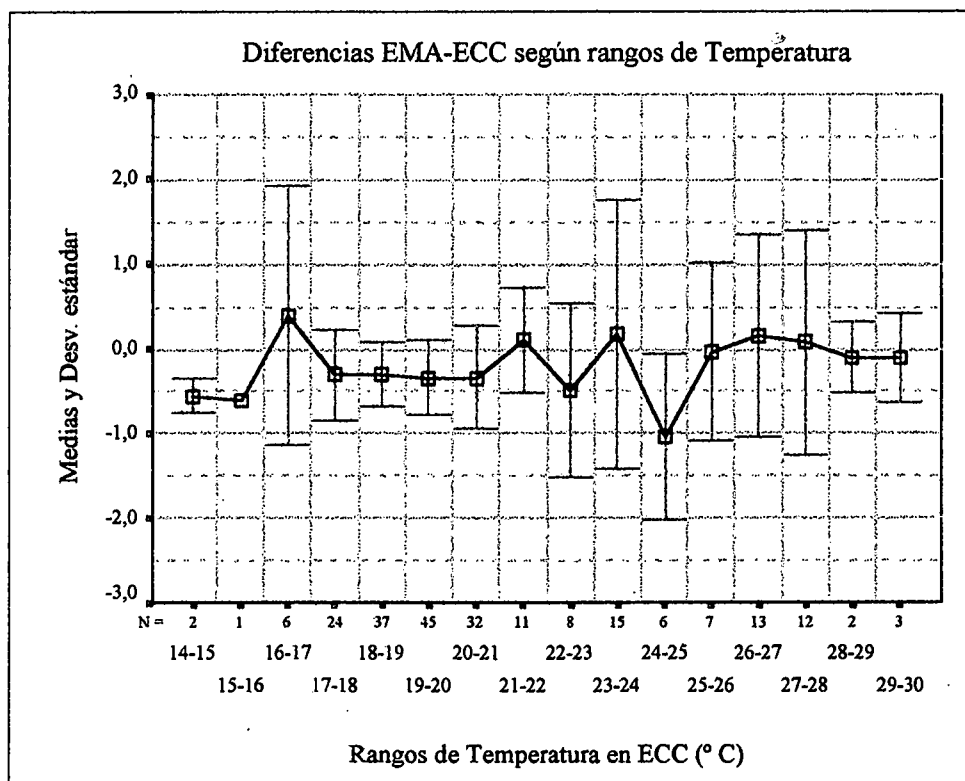


**FASE 2:** Análisis de diferencias discriminadas por rangos de temperatura medida, horas del día y tendencias de la temperatura.

- 2A) Rangos de los valores de temperatura en la ECC

En el gráfico 17.a aparecen agrupaciones en rangos de 1° C de amplitud, para los cuales la mayoría de las diferencias promedio son negativas (valores en la tabla XIII, anexo 13.B). Los promedios positivos son relativamente pocos y se dan sin un orden o tendencia aparentes dentro del rango total de temperatura. Sólo dos promedios positivos son consecutivos (en los rangos de 26° a 27° C y de 27° a 28° C), y uno de ellos es prácticamente cero. Adicionalmente, se observa que el número de mediciones en los rangos de promedios positivos es generalmente bajo y que existe cierta paridad entre los números de diferencias positivas y negativas (gráfico 18 y tabla 30). Cabe mencionar que dos de los promedios positivos se corresponden con los rangos donde se observan las desviaciones estándar más altas.

**Gráfico 17.a: Diferencias discriminadas por rangos de Temperatura medida en la ECC (1°C)**



Una agrupación de las diferencias en rangos de mayor amplitud, sean 2° C, sugiere la existencia de una tendencia un poco más clara (gráfico 17.b). Se observa que los promedios positivos se restringen al rango entre los 26° y 28° C. Nótese que el promedio que resultaba positivo para el rango de 16° a 17° C está influenciado por la existencia de dos diferencias anormalmente elevadas, como se puede ver en la correlación del gráfico 15, pero dicha influencia se atenúa al ampliar el rango hasta los 18° C. Su efecto se nota también en los gráficos 19 y 20.

Gráfico 17.b: Diferencias discriminadas por rangos de Temperatura medida en la ECC (2°C)

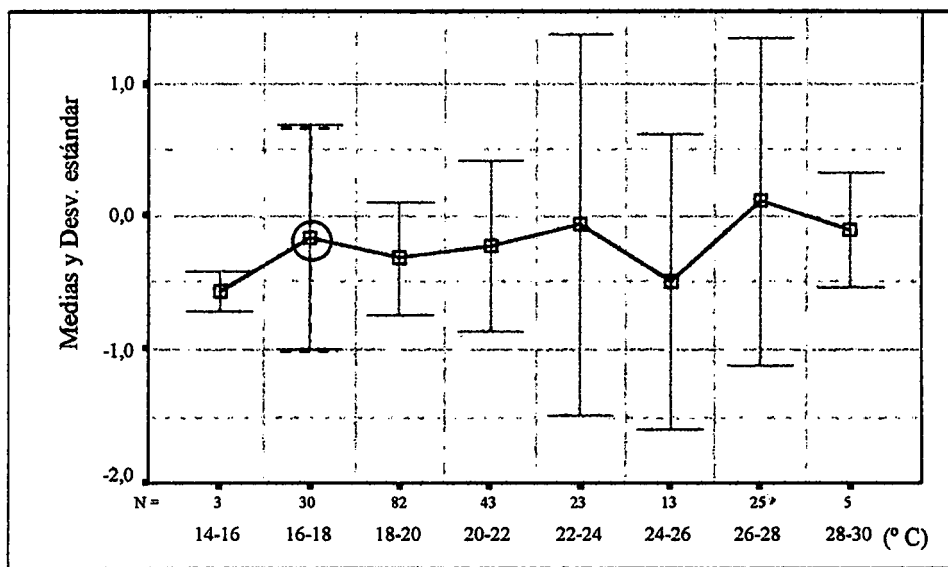


Gráfico 18: Número de diferencias positivas y negativas según rangos de Temperatura

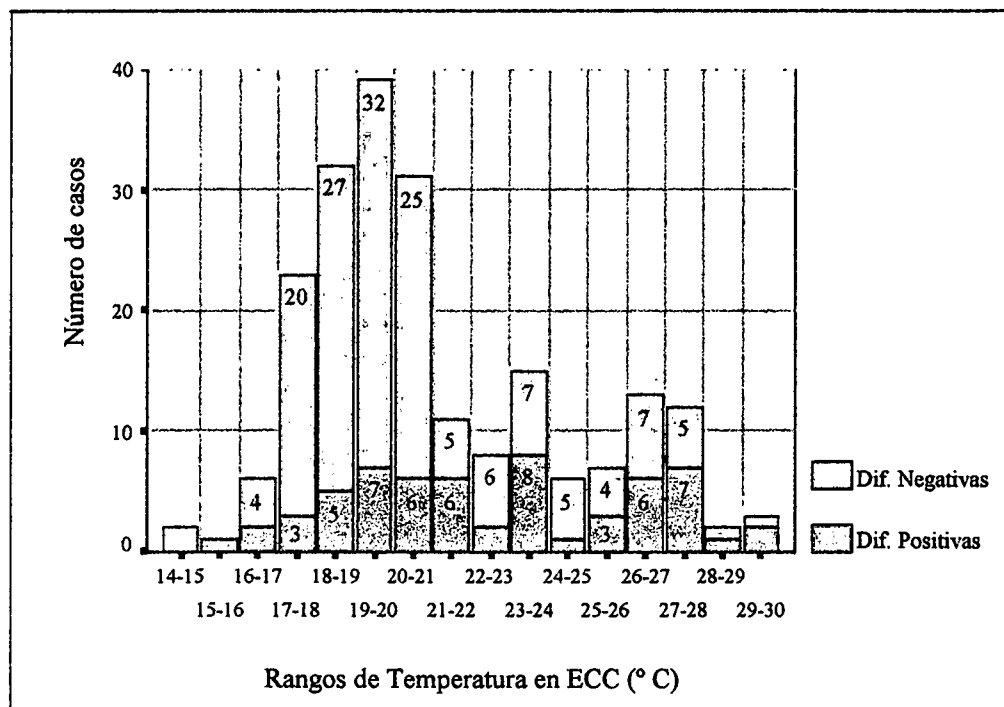


Tabla 30: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según rangos de Temperatura

	Rangos de Temp. en ECC (°C)	Casos			Rangos de Temp. en ECC (°C)	Casos		
		Válidos		Total		Válidos		Total
		N	Porcent.	N		N	Porcent.	N
Diferencias Positivas	16-17	2	33,3%	6	Diferencias Negativas 14-15	2	100,0%	2
	17-18	3	12,5%	24	15-16	1	100,0%	1
	18-19	5	13,5%	37	16-17	4	66,7%	6
	19-20	7	15,6%	45	17-18	20	83,3%	24
	20-21	6	18,8%	32	18-19	27	73,0%	37
	21-22	8	54,5%	11	19-20	32	71,1%	45
	22-23	2	25,0%	8	20-21	25	78,1%	32
	23-24	8	53,3%	15	21-22	5	45,5%	11
	24-25	1	16,7%	6	22-23	6	75,0%	8
	25-26	3	42,9%	7	23-24	7	46,7%	15
	26-27	6	46,2%	13	24-25	5	83,3%	6
	27-28	7	58,3%	12	25-26	4	57,1%	7
	28-29	1	50,0%	2	26-27	7	53,8%	13
29-30	2	86,7%	3	27-28	5	41,7%	12	
				28-29	1	50,0%	2	
				29-30	1	33,3%	3	

En los sumarios estadísticos de las tablas XIII a XVI (anexo 13,B) y el gráfico 19 se nota una tendencia de los promedios y desviaciones estándar (de valores absolutos) a ser menores en los rangos de temperaturas bajas. Allí se nota nuevamente la influencia de las pocas diferencias que resultaron exageradamente elevadas.

Esas diferencias ejercen un efecto notable en la discriminación por rangos de las diferencias positivas, haciéndolas presentar dispersiones muy variables en el rango total de valores (ver gráfico 20). Este efecto ya no puede atenuarse al tomar rangos de temperatura de mayores amplitudes, dado el pequeño número de mediciones en el rango que corresponde a las diferencias en cuestión.

Para las diferencias negativas, los promedios y las desviaciones estándar son menores en los rangos de bajas temperaturas, haciéndose considerablemente mayores en los rangos de temperaturas altas (ver gráfico 21).

Gráfico 19: Valores absolutos de las diferencias discriminados por rangos de Temperatura (2°C)

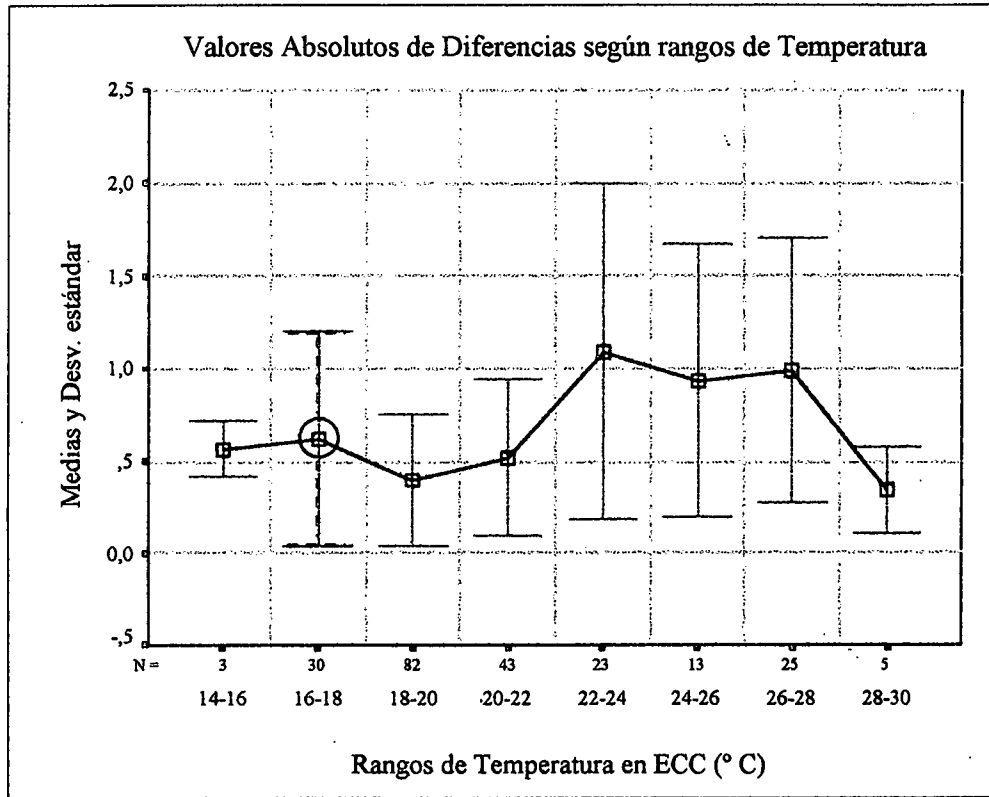


Gráfico 20: Diferencias positivas discriminadas por rangos de Temperatura (2°C)

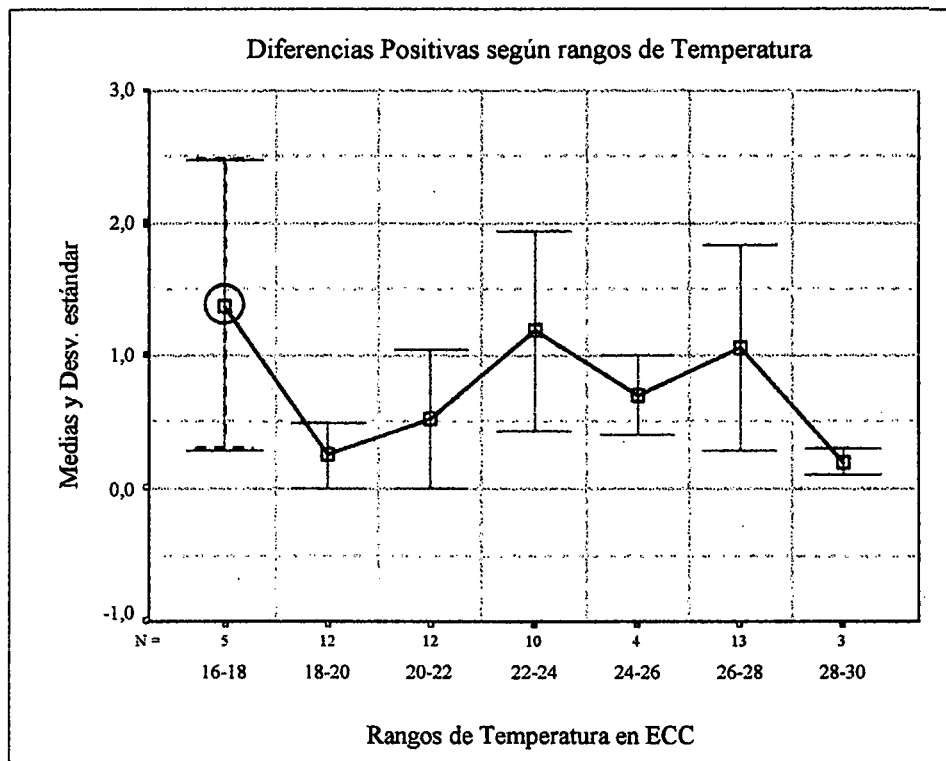
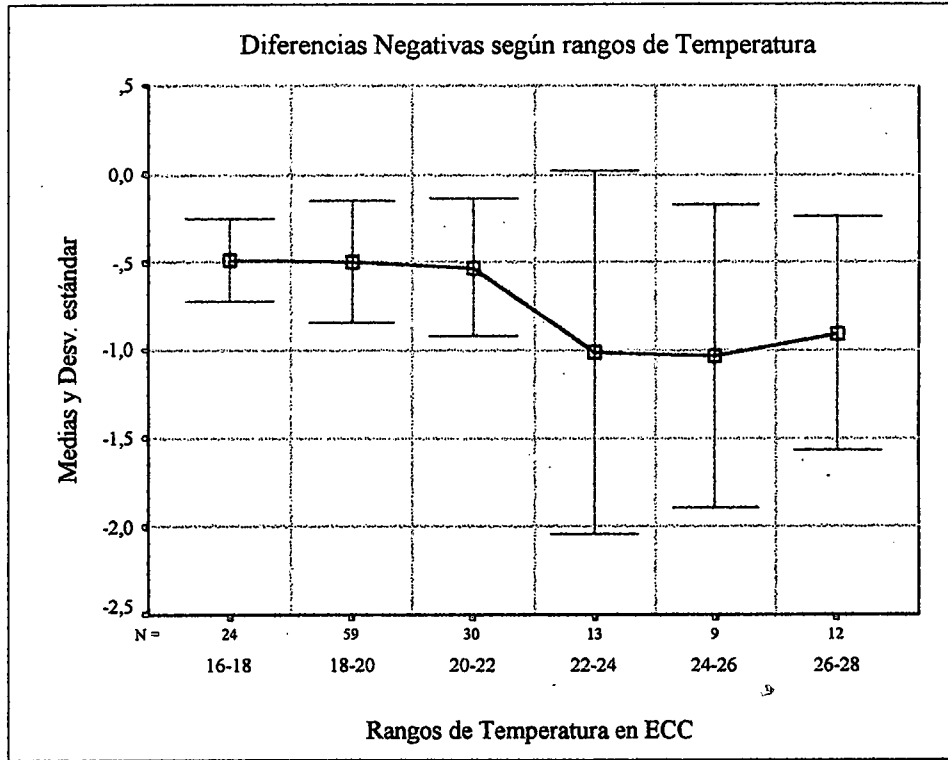


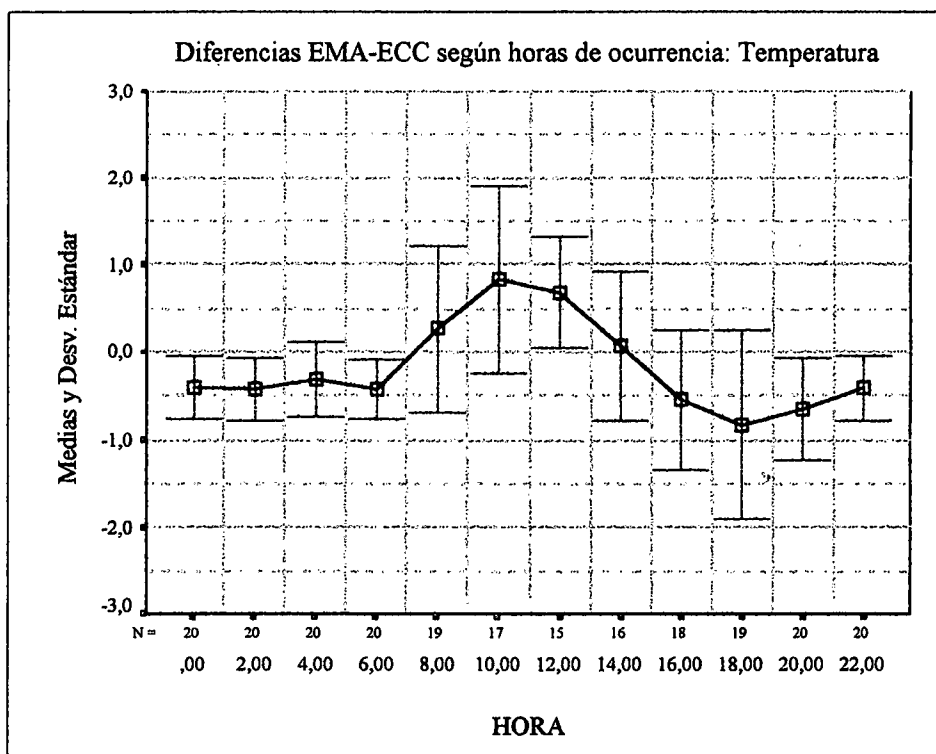
Gráfico 21: Diferencias negativas discriminadas por rangos de Temperatura (2°C)



- 2B) Horas de ocurrencia de las diferencias

Las diferencias promedio para las horas pares del día determinan la curva que se presenta en el gráfico 22. Puede verse que son negativas en su mayoría, presentando un ascenso hacia un máximo positivo a las diez de la mañana (HLV), y descendiendo luego para hacerse negativas nuevamente después de las 14:00 horas.

Gráfico 22: Diferencias de Temperatura discriminadas según horas del día



La observación de las diferencias positivas y negativas por separado, ilustradas en los gráficos 24 y 25, indica que en el período entre las 08:00 y las 12:00 horas la magnitud de las diferencias positivas es de gran influencia en el hecho de que los promedios para los valores EMA-ECC sobrepasen los 0,5° C. Análogamente ocurre con el período entre las 16:00 y las 20:00 horas, esta vez debido a la incidencia de las diferencias negativas. En el gráfico 23 se puede observar que estas influencias se proyectan hasta los promedios de valores absolutos de las diferencias, haciéndose más críticas para las 10:00 y las 18:00.

Gráfico 23: Valores absolutos de diferencias de Temperatura discriminados según horas del día

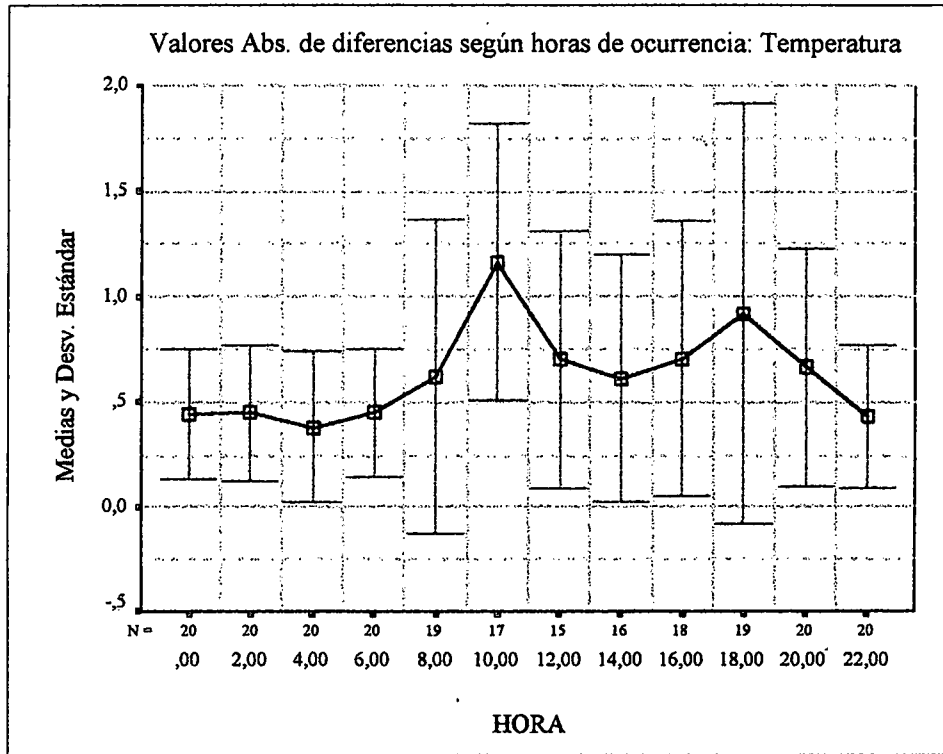


Gráfico 24: Diferencias positivas de Temperatura discriminadas según horas del día

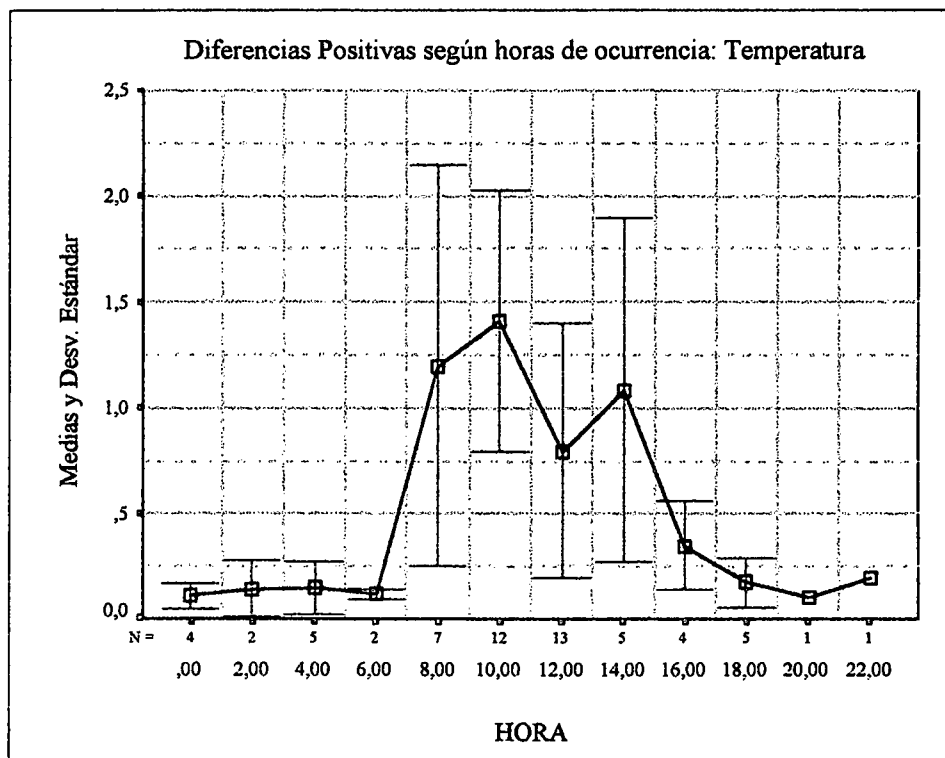
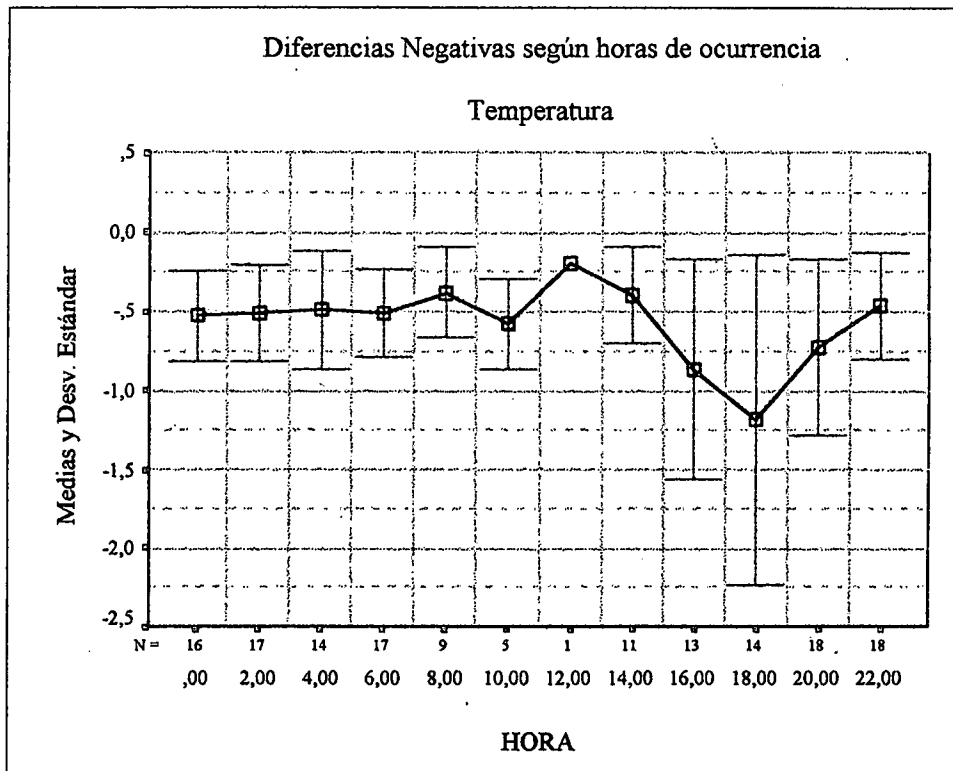


Gráfico 25: Diferencias negativas de Temperatura discriminadas según horas del día



En el gráfico 26 se hace evidente la ocurrencia de muchas más diferencias positivas que negativas en las horas de la mañana cercanas al mediodía, en contraste con lo observado para el resto del día y la noche. Las relaciones porcentuales correspondientes se muestran en la tabla 31. Este comportamiento se ve corroborado al estudiar los valores de las diferencias (promedio) para las 10:00 y las 12:00. Puede verse en los sumarios estadísticos (tablas XV y XVI, anexo 13.B) que las diferencias positivas promedio para esas horas son de magnitudes bastante mayores que las negativas.

Gráfico 26: Número de diferencias positivas y negativas según horas del día (Temperatura)

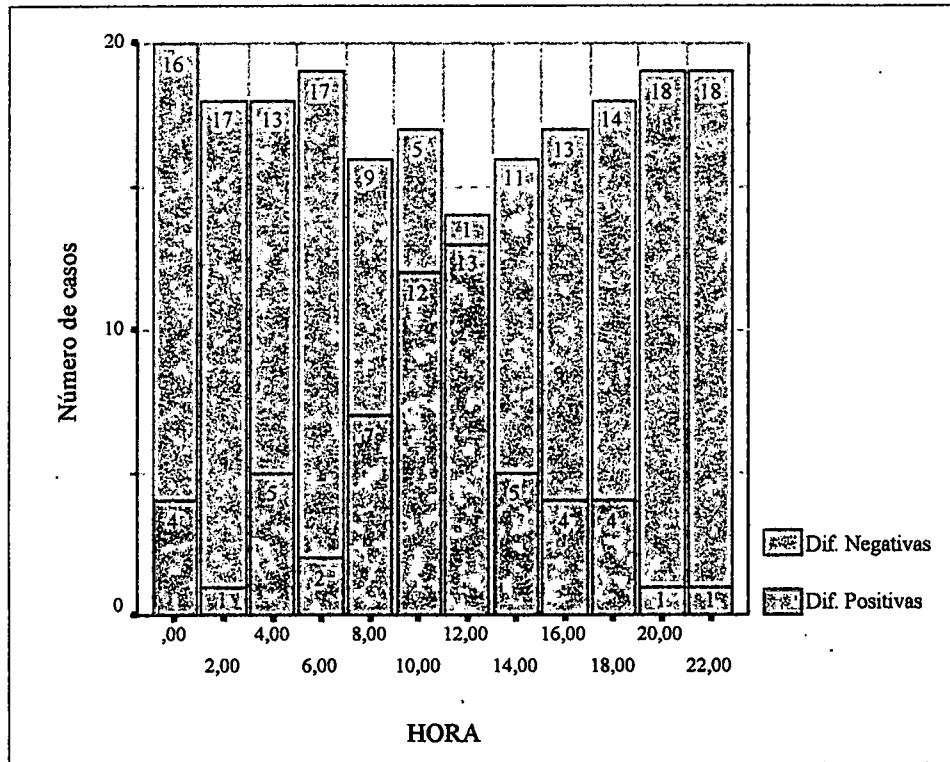


Tabla 31: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según horas del día (Temperatura)

	Casos					Casos			
	HORA	Válidos		Total		HORA	Válidos		Total
		N	Porcent.	N			N	Porcent.	N
Diferencias Positivas	0,00	4	20,0%	20	Diferencias Negativas	0,00	16	80,0%	20
	2,00	1	5,0%	20		2,00	17	85,0%	20
	4,00	5	25,0%	20		4,00	13	65,0%	20
	6,00	2	10,0%	20		6,00	17	85,0%	20
	8,00	7	36,8%	19		8,00	9	47,4%	19
	10,00	12	70,6%	17		10,00	5	29,4%	17
	12,00	13	86,7%	15		12,00	1	6,7%	15
	14,00	5	31,3%	16		14,00	11	68,8%	16
	16,00	4	22,2%	18		16,00	13	72,2%	18
	18,00	4	21,1%	19		18,00	14	73,7%	19
	20,00	1	5,0%	20		20,00	18	90,0%	20
	22,00	1	5,0%	20		22,00	18	90,0%	20

## - 2C) Tendencias de los valores de temperatura

En etapas de ascenso de la temperatura se halló que las diferencias tienen un promedio positivo, ligeramente mayor que  $0,3^{\circ}\text{C}$ , mientras en los descensos el promedio es negativo con un valor de  $-0,45^{\circ}\text{C}$  (ver tabla 32).

El número de diferencias positivas en los ascensos es aproximadamente un 19% mayor que el número de diferencias negativas. En los descensos, las diferencias negativas son poco más de 5 veces más frecuentes que las positivas. Véase el gráfico 27 en la página siguiente. Los porcentajes del total de diferencias que corresponden a las negativas y a las positivas se muestran en la tabla 33.

Tabla 32

*Sumario estadístico de diferencias discriminadas según tendencia de Temperatura*

Tendencia		Diferencia EMA - ECC	Valores Absolutos de Diferencias
Descenso	N	152	152
	Media	-,45	,53
	Mediana	-,40	,40
	Mínimo	-3,80	,00
	Máximo	1,70	3,80
	Rango	5,50	3,80
	Desv. estándar	,59	,52
	Coef. de asimetría	-1,442	2,553
Ascenso	N	71	71
	Media	,31	,79
	Mediana	,10	,60
	Mínimo	-2,20	,00
	Máximo	2,70	2,70
	Rango	4,90	2,70
	Desv. estándar	1,00	,69
	Coef. de asimetría	,331	1,025
Total	N	223	223
	Media	-,20	,61
	Mediana	-,20	,50
	Mínimo	-3,80	,00
	Máximo	2,70	3,80
	Rango	6,50	3,80
	Desv. estándar	,82	,59
	Coef. de asimetría	,467	1,859

Gráfico 27

Número de diferencias positivas y negativas según tendencias de la Temperatura

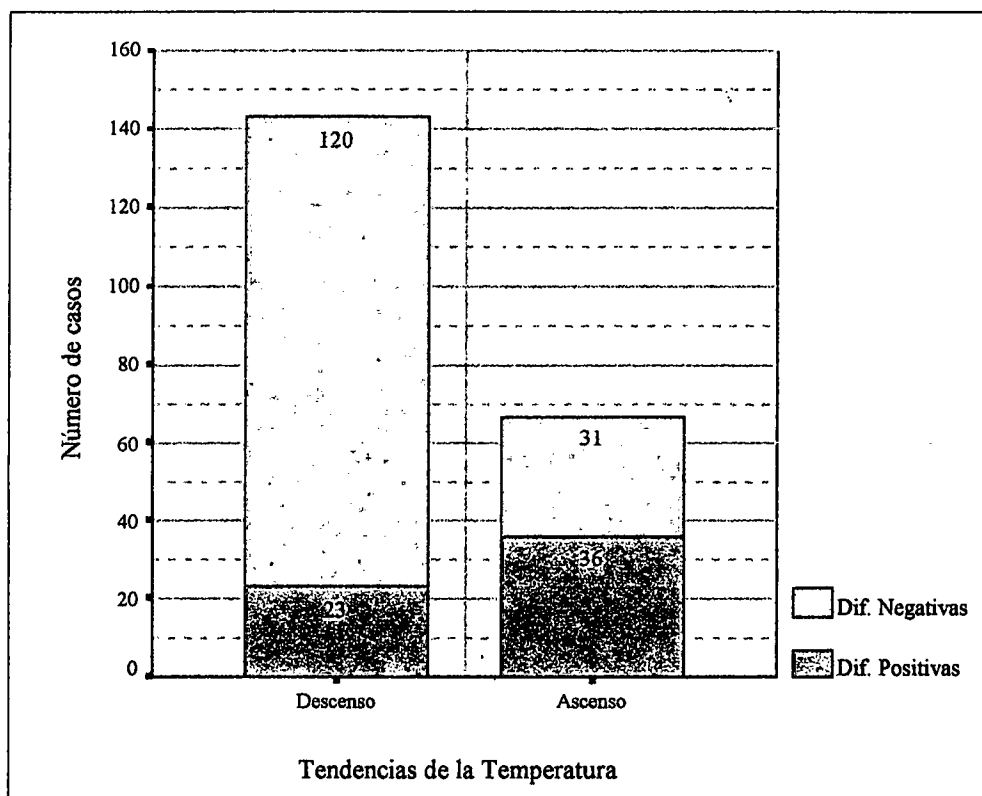


Tabla 33

Porcentajes de diferencias positivas y negativas según tendencia de la Temperatura

Tendencias		Casos		
		Válidos		Total
		N	Porcent.	N
Diferencias Positivas	Descenso	23	15,1%	152
	Ascenso	38	50,7%	71
Diferencias Negativas	Descenso	120	78,9%	152
	Ascenso	31	43,7%	71

El porcentaje faltante de casos corresponde a diferencias=0

Puede notarse en los estadísticos (tablas 34 y 35) de las diferencias negativas que éstas son más estables que las positivas. Su valor promedio y desviación estándar se mantienen aproximadamente iguales entre los ascensos y descensos, mientras que estos estadísticos varían notablemente en el análisis de las diferencias positivas.

Tabla 34: Resumen estadístico de diferencias positivas según tendencias de Temperatura

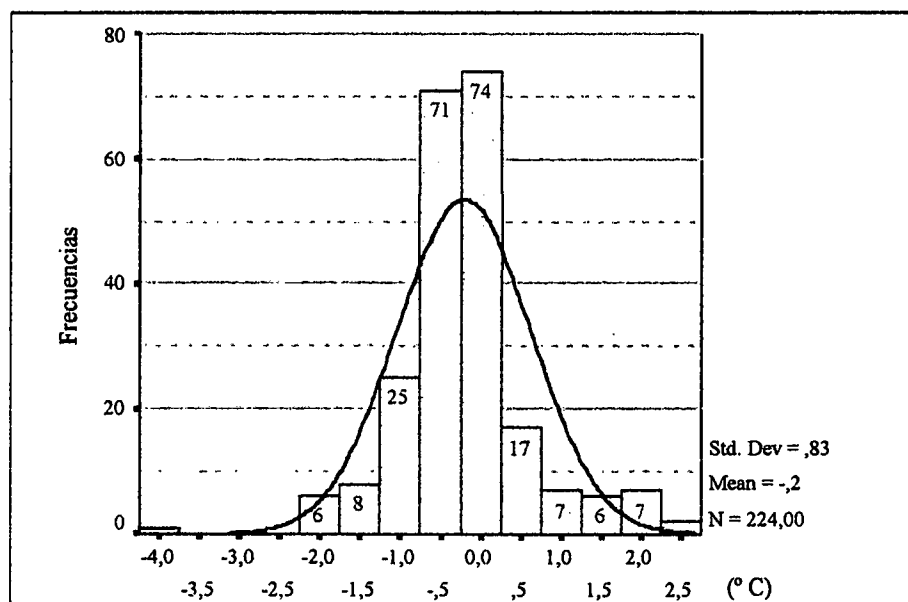
	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. estándar	Coef. de asimetría
Descenso	23	,27	,20	,10	1,70	1,60	,34	3,647
Ascenso	36	1,08	,90	,10	2,70	2,60	,74	,466
Total	59	,77	,50	,10	2,70	2,60	,73	1,001

Tabla 35: Resumen estadístico de diferencias negativas según tendencias de Temperatura

	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. estándar	Coef. de asimetría
Descenso	120	-,62	-,50	-3,80	-,10	3,70	,52	-2,623
Ascenso	31	-,54	-,40	-2,20	-,10	2,10	,48	-2,064
Total	151	-,60	-,50	-3,80	-,10	3,70	,52	-2,518

**FASE 3:** En el gráfico 28 se puede observar que la distribución de frecuencias de las diferencias EMA-ECC está ligeramente sesgada a la derecha con respecto a la curva normal. Esto concuerda con lo observado a lo largo del análisis, en cuanto a que las diferencias tienden a ser negativas (las temperaturas medidas por la EMA son menores que las medidas por la ECC), en diferentes escalas según el valor de la temperatura. Dado que este error es aparentemente sistemático, no debe esperarse una distribución de frecuencias cercana a la distribución normal.

Gráfico 28: Histograma de frecuencias de diferencias EMA-ECC



### 6.2.3. Diagnóstico de la transición en la medición de Temperatura

La diferencia observada entre los resultados obtenidos para las temperaturas bajas y altas lleva a realizar el diagnóstico con esa consideración presente. Las comparaciones de los parámetros de incertidumbre con los estadísticos de toda la serie llevarían a calificar la transición como MEDIANAMENTE SATISFACTORIA. Sin embargo, los resultados pueden variar si se estudia el rango total de las temperaturas separando la serie a partir de un valor intermedio, escogido de acuerdo a las diferencias mencionadas. Tal análisis, utilizando los 23° C como límite de separación, arroja los siguientes estadísticos:

**Tabla 36**

*Sumario estadístico de diferencias de Temperatura para temperaturas "bajas"*

**Diferencias EMA-ECC para Temperaturas(ECC)<23° C**

Estadísticos	Diferencias de Temperaturas EMA-ECC	Valores Absolutos
N	162	162
Media	-,27	,49
Mediana	-,30	,40
Mínimo	-2,20	,00
Máximo	2,70	2,70
Rango	4,90	2,70
Desv. estándar	,61	,45
Coef. de asimetría	1,298	1,797

MDIF (punta de flecha hacia el valor 162 en la columna de Valores Absolutos)

MDIFva (punta de flecha hacia el valor ,49 en la columna de Valores Absolutos)

SDIFva (punta de flecha hacia el valor ,45 en la columna de Valores Absolutos)

SDIF (punta de flecha hacia el valor 1,298 en la columna de Diferencias de Temperaturas EMA-ECC)

Nótese que, a pesar de la existencia de diferencias muy altas (máximo de 2,70° C), los valores MDIF y MDIFva se mantienen relativamente bajos y las desviaciones SDIF y SDIFva se redujeron considerablemente en comparación con los mismos estadísticos para la serie completa (0,8° C y 0,6° C, respectivamente). El promedio de valores absolutos es bastante representativo de las magnitudes de las diferencias negativas halladas en la Fase 2A, aún cuando está presente la influencia de las diferencias positivas.

Las tablas 37 y 38 resumen la comparación de los estadísticos para temperaturas bajas con los parámetros de incertidumbre:

Tabla 37

Comparación de diferencias para Temperaturas Bajas con parámetros de incertidumbre aceptable

<i>MDIF</i>	<i>SDIF</i>	$\Delta OMMa$	Relación <i>MDIF / <math>\Delta OMMa</math></i>	Relación <i>SDIF / <math>\Delta OMMa</math></i>
-0,3° C	0,6° C	$\pm 0,3^{\circ} \text{C}$	1,000	2,000
<i>MDIFva</i>	<i>SDIFva</i>	$\Delta OMMa$	Relación <i>MDIFva / <math>\Delta OMMa</math></i>	Relación <i>SDIFva / <math>\Delta OMMa</math></i>
0,5° C	0,4° C	$\pm 0,3^{\circ} \text{C}$	1,667	1,333

Tabla 38

Comparación de diferencias para Temperaturas Bajas con incertidumbres instrumentales

<i>MDIF</i>	<i>SDIF</i>	$\Delta INST$	Relación <i>MDIF / <math>\Delta INST</math></i>	Relación <i>SDIF / <math>\Delta INST</math></i>
-0,3° C	0,6° C	$\pm 0,7^{\circ} \text{C}$	0,428	0,857
<i>MDIFva</i>	<i>SDIFva</i>	$\Delta INST$	Relación <i>MDIFva / <math>\Delta INST</math></i>	Relación <i>SDIFva / <math>\Delta INST</math></i>
0,5° C	0,4° C	$\pm 0,7^{\circ} \text{C}$	0,714	0,571

Se observa que el promedio y la desviación estándar de los valores absolutos de las diferencias están dentro del rango de incertidumbre instrumental, mas no dentro de la incertidumbre aceptable estipulada por la OMM. Según estos resultados, el estado de la transición para las temperaturas menores a 23° C (en la ECC) se establece como MEDIANAMENTE SATISFACORIO.

Los resultados para las diferencias correspondientes a temperaturas "altas" (sobre los 23° Celsius) son menos favorables. Véase en la tabla 39 como las desviaciones estándar resultan aún mayores que las de la serie completa, que son de por si bastante elevadas. El valor MDIF refleja la influencia de las diferencias positivas, que como se vio antes, tienen una frecuencia algo mayor en los rangos de temperaturas elevadas.

Recuérdese que en esta comparación se le da mayor relevancia a los estadísticos calculados para los valores absolutos de las diferencias, por las razones expuestas en la descripción de los procedimientos (aparte 5.7.1, Fase 1). Por ello el valor de MDIF, aún siendo tan bajo como resultó, no incide favorablemente en el diagnóstico para estas temperaturas.

**Tabla 39**

*Sumario estadístico de diferencias de Temperatura para temperaturas "altas"*

**Diferencias EMA-ECC para Temperaturas (ECC)>23° C**

Estadísticos	Diferencias de Temperaturas EMA-ECC	Valores Absolutos
N	62	62
Media	-,06	,96
Mediana	-,13	,70
Mínimo	-3,80	,10
Máximo	2,30	3,80
Rango	6,10	3,70
Desv. estándar	1,24	,78
Coef. de asimetría	-,221	1,182

Finalmente, la comparación de los estadísticos para las temperaturas altas con los parámetros de incertidumbre aceptable se resume en las tablas que siguen:

**Tabla 40**

*Comparación de diferencias para Temperaturas Altas con parámetros de incertidumbre aceptable*

<b>MDIF</b>	<b>SDIF</b>	<b><math>\Delta OMMa</math></b>	<b>Relación MDIF / <math>\Delta OMMa</math></b>	<b>Relación SDIF / <math>\Delta OMMa</math></b>
0,1° C	1,2° C	$\pm 0,3^\circ C$	<b>0,333</b>	<b>4,000</b>
<b>MDIFva</b>	<b>SDIFva</b>	<b><math>\Delta OMMa</math></b>	<b>Relación MDIFva / <math>\Delta OMMa</math></b>	<b>Relación SDIFva / <math>\Delta OMMa</math></b>
1,0° C	0,8° C	$\pm 0,3^\circ C$	<b>3,333</b>	<b>2,667</b>

Tabla 41

Comparación de diferencias para Temperaturas Altas con incertidumbres instrumentales

<i>MDIF</i>	<i>SDIF</i>	<i>ΔINST</i>	<i>Relación MDIF / ΔINST</i>	<i>Relación SDIF / ΔINST</i>
0,1° C	1,2° C	± 0,7° C	0,143	1,714
<i>MDIFva</i>	<i>SDIFva</i>	<i>ΔINST</i>	<i>Relación MDIFva / ΔINST</i>	<i>Relación SDIFva / ΔINST</i>
1,0° C	0,8° C	± 0,7° C	1,428	1,143

En virtud de los valores de las relaciones halladas para MDIFva y SDIFva, el estado de la transición para las temperaturas sobre los 23° Celsius debe ser calificado como INSATISFACTORIO.

### 6.3. Precipitación

#### 6.3.1. Magnitud de las diferencias de Precipitación

FASE 1: Resultados del análisis realizado con el programa de hojas de cálculo:

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
Dpto. de Ingeniería Hidrometeorológica

DATOS DE LA ESTACIÓN

Número : **0539** Nombre: **U.C.V.**

#### SERIE DE PRECIPITACIÓN

**OCTUBRE 1999 - JUNIO 2000**

Lapso: **01/10/1999 16:59:26 - 16/06/2000 08:00:00**

#### Comparación de valores de precipitación de la EMA y la ECC

MDIF y SDIF

Diferencia media EMA - ECC (mm) :	-0,9
Desviación estándar de diferencias :	1,2

MDIFva y SDIFva

Media de V.A. de Diferencias:	0,9
Desv. est. de V.A. de diferencias:	1,2

MDIF% y SDIF%

Dif. porcentual media según ECC :	-16,70
Desv. est. de dif. porcentual (ECC):	18,91

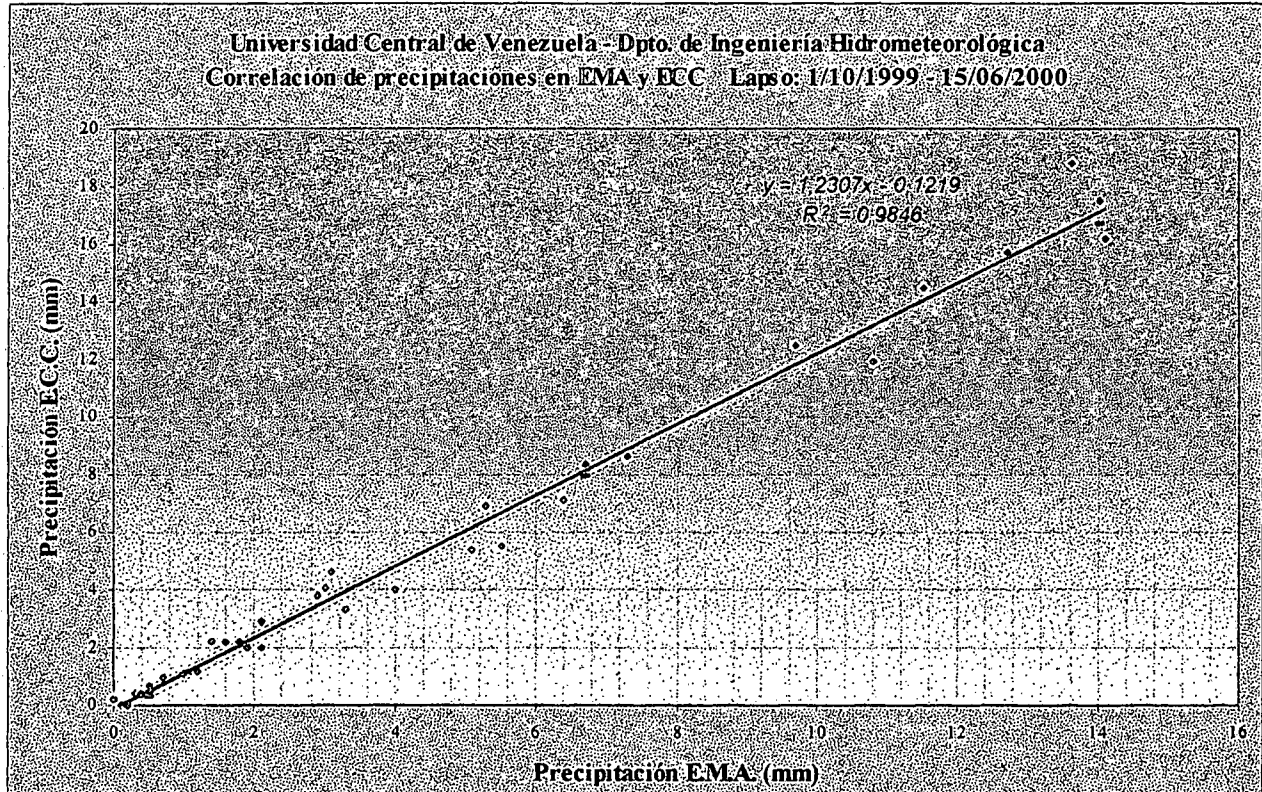
MDIF%va y SDIF%va

Media de V.A. de dif. porcentual :	17,01
Desv. est. de V.A. de dif. porcentual:	18,63

Coef. de correlación (R) EMA / ECC:	0,99402
Coeficiente de correlación R <sup>2</sup> :	0,98808

Gráfico 29

## Correlación de valores ECC/EMA de precipitación diaria



La pendiente de la recta de ajuste por mínimos cuadrados, al estar unas dos décimas por arriba de la unidad, indica que las diferencias crecen a medida que son mayores las precipitaciones evaluadas. En el gráfico 29 también puede verse que sólo una pequeña cantidad de los puntos se ubican dentro del rango de incertidumbre aceptable por OMM, definido por las líneas discontinuas de color rojo. Según el elevado coeficiente  $R^2$  el comportamiento de las diferencias para las precipitaciones estudiadas es decididamente lineal.

### FASE 2: Comparación de diferencias EMA-ECC con parámetros de incertidumbre aceptable

Los parámetros de incertidumbre para la precipitación están dados de diferentes formas de acuerdo a la magnitud de la lluvia registrada, por lo que pueden encontrarse expresados tanto en milímetros como en porcentaje de la medición. Consecuentemente, se presenta aquí una comparación para dos rangos diferentes de precipitación; el valor utilizado para separar los

rangos (6,7 mm/24h) corresponde al límite donde la incertidumbre dada en milímetros se cambia por la incertidumbre expresada en términos porcentuales. Véase los criterios pertinentes a este procedimiento en las tablas 10 y 11 (página 50).

**Resumen de Comparación para precipitaciones < 6.7 mm en 24 horas**

MDIF y SDIF		MDIFva y SDIFva	
Diferencia media EMA - ECC (mm) :	-0,4	Media de V.A. de Diferencias:	0,4
Desviación estándar de diferencias :	0,5	Desv. est. de V.A. de diferencias:	0,5
MDIF% y SDIF%		MDIF%va y SDIF%va	
Dif. porcentual media según ECC :	-15,87	Media de V.A. de dif. porcentual :	16,27
Desv. est. de dif. porcentual (ECC):	21,47	Desv. est. de V.A. de dif. porcentual:	21,16

**Tabla 42**

*Comparación de diferencias de Precipitación < 6,7 mm con incertidumbre aceptable por OMM*

<i>MDIF*</i>	<i>SDIF = SDIFva</i>	<i>ΔOMMa</i>	<i>Relación MDIF / ΔOMMa</i>	<i>Relación SDIF / ΔOMMa</i>
-0,4 mm	0,5 mm	0,2 mm	2,00	2,50

**Tabla 43**

*Comparación de diferencias de Precipitación < 6,7 mm con incertidumbre de los instrumentos*

<i>MDIF*</i>	<i>SDIF = SDIFva</i>	<i>ΔINST</i>	<i>Relación MDIF / ΔINST</i>	<i>Relación SDIF / ΔINST</i>
-0,4 mm	0,5 mm	0,7 mm	0,57	0,71

\* Notar que |MDIF| = MDIFva

Las tablas 42 y 43 muestran que las diferencias promedio halladas son bastante mayores que los parámetros de incertidumbre aceptable según la OMM, pero se encuentran dentro del rango de incertidumbre propio de los instrumentos. Las desviaciones estándar resultan relativamente altas, siendo mayores que los promedios a los que están asociadas.

**Resumen de Comparación para precipitaciones > 6,7 mm en 24 horas**

MDIF y SDIF

Diferencia media EMA - ECC (mm) :	-2,7
Desviación estándar de diferencias :	1,3

MDIFva y SDIFva

Media de V.A. de Diferencias:	2,7
Desv. est. de V.A. de diferencias:	1,3

MDIF% y SDIF%

Dif. porcentual media según ECC :	-17,07
Desv. est. de dif. porcentual (ECC):	6,53

MDIF%va y SDIF%va

Media de V.A. de dif. porcentual :	17,07
Desv. est. de V.A. de dif. porcentual:	6,53

**Tabla 44**

*Comparación de diferencias de Precipitación > 6,7 mm con incertidumbre aceptable por OMM*

<i>MDIF*</i>	<i>SDIF% = SDIF%va</i>	<i>ΔOMMa</i>	<i>Relación MDIF% / ΔOMMa</i>	<i>Relación SDIF% / ΔOMMa</i>
-17,07 %	6,53 %	3,0 %	5,69	2,18

Notar que  $|MDIF\%| = MDIF\%va$

**Tabla 45**

*Comparación de diferencias de Precipitación > 6,7 mm con incertidumbre de los instrumentos*

<i>MDIF**</i>	<i>SDIF = SDIFva</i>	<i>ΔINST</i>	<i>Relación MDIF / ΔINST</i>	<i>Relación SDIF / ΔINST</i>
-2,7 mm	1,3 mm	0,7 mm	3,86	1,86

\*\* Notar que  $|MDIF| = MDIFva$

Puede verse que para este rango de precipitaciones medidas las diferencias promedio son sustancialmente mayores que la incertidumbre aceptable según recomendaciones de la OMM y también mayores que la incertidumbre propia de los instrumentos. Las desviaciones estándar correspondientes a estos promedios son igualmente elevadas.

## 6.3.2. Naturaleza de las diferencias de Precipitación

## FASE 1

Tabla 46: Sumario estadístico de diferencias de Precipitación

Diferencias EMA-ECC y sus valores absolutos		
Estadísticos	Variables	
	Diferencias de Precipitación EMA-ECC	Valores Absolutos de diferencias
N	35	35
Media	-,811	,840
Mediana	-,300	,300
Mínimo	-5,2	,0
Máximo	,2	5,2
Rango	5,4	5,2
Desv. estándar	1,179	1,158
Coef. de asimetría	-2,046	2,120

## Tablas 47 y 48

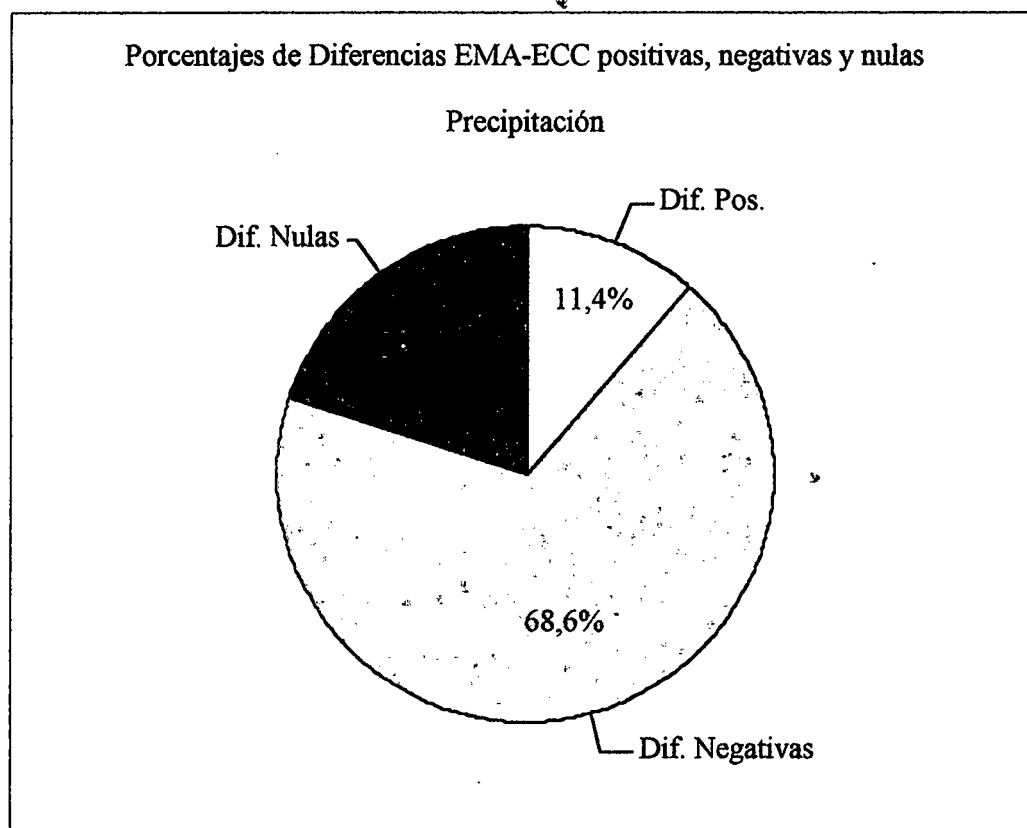
## Sumario estadístico de diferencias positivas y negativas de Precipitación\*

Sumario		Sumario	
Diferencias EMA-ECC Positivas		Diferencias EMA-ECC Negativas	
N	4	N	24
Media	,1250	Media	-1,20
Mediana	,10	Mediana	-,80
Mínimo	,10	Mínimo	-5,20
Máximo	,20	Máximo	-,10
Rango	,10	Rango	5,10
Desv. estándar	,05	Desv. estándar	1,24
Coef. de asimetría	2,000	Coef. de asimetría	-1,770

\* Los casos faltantes corresponden a diferencias EMA-ECC = 0

Las tablas 46, 47 y 48 muestran que la gran mayoría de las diferencias en la precipitación son negativas. Las pocas diferencias positivas existentes se deben a lo planteado en las consideraciones particulares a la evaluación de la precipitación (aparte 5.8.3); son casos en los que la apreciación más fina del sensor electrónico permitió registrar lluvias menores que la apreciación del instrumento convencional. La distribución porcentual de las diferencias positivas, negativas y nulas se presenta en el gráfico 30.

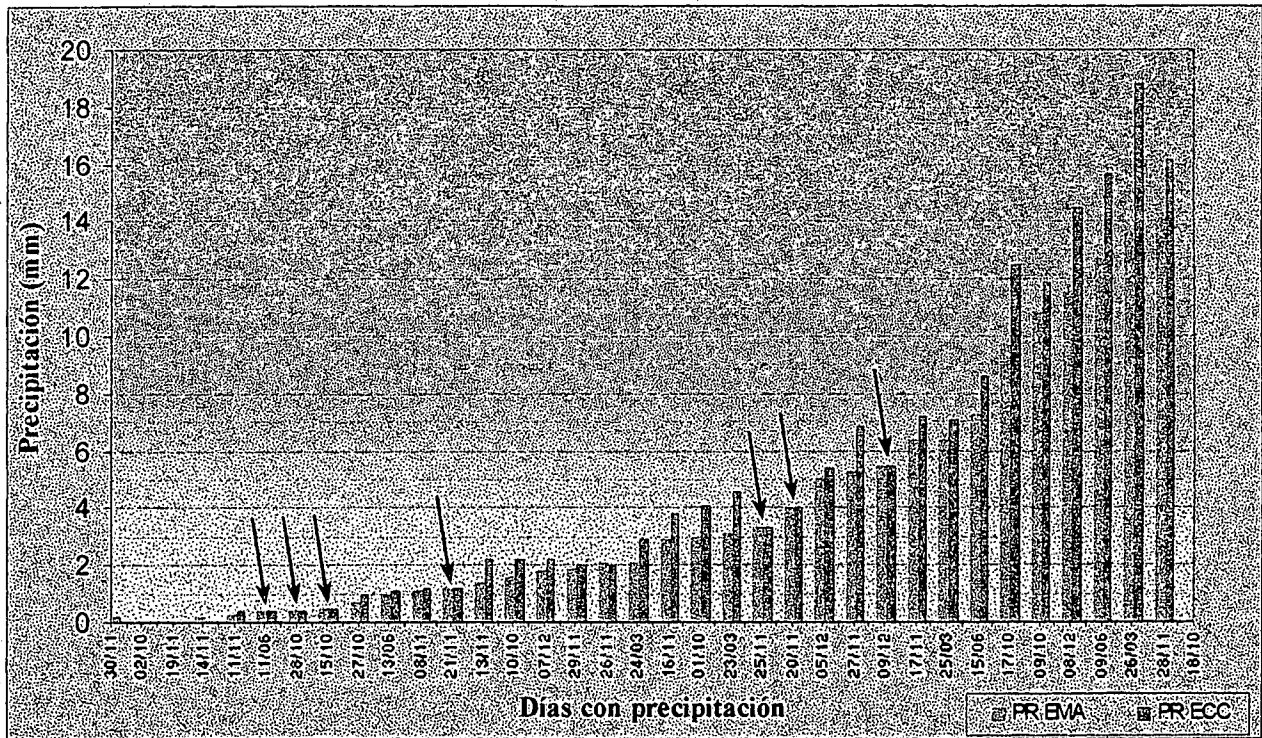
**Gráfico 30**



En el gráfico 31 puede verse la comparación caso por caso de las precipitaciones registradas por ambos instrumentos. Allí se observa que no existen registros de la EMA iguales a los de la ECC sino para precipitaciones menores que 6 mm en 24 horas, rango en el que se han destacado las diferencias nulas.

Gráfico 31

Comparación gráfica de las precipitaciones registradas por la EMA y la ECC



## FASE 2: Análisis de diferencias discriminadas por rangos de precipitación medida

En el gráfico 32.a aparecen los promedios de las diferencias calculados para rangos de 5mm/24h registradas en la ECC. Es claro que las diferencias se hacen mayores mientras aumenta la precipitación diaria acumulada. De igual manera se ve un aumento en la dispersión de las diferencias, representada por la desviación estándar (barras verticales superpuestas a los puntos). Estas tendencias se obtienen al expresar las diferencias en las mismas unidades de la precipitación. Sin embargo, la dispersión de las diferencias relativa a las precipitaciones registradas es más bien decreciente, como se observa en el gráfico 32.b. En este gráfico se muestran las diferencias como porcentajes de la lluvia registrada en la ECC, lo cual estabiliza un poco la magnitud de las diferencias al compararlas con las precipitaciones de los rangos que les corresponden. Los valores estadísticos de las tablas 49 y 50 complementan la información de los gráficos recién comentados arriba.

Gráfico 32.a: Diferencias por rangos de Precipitación medida en la ECC (mm/24h)

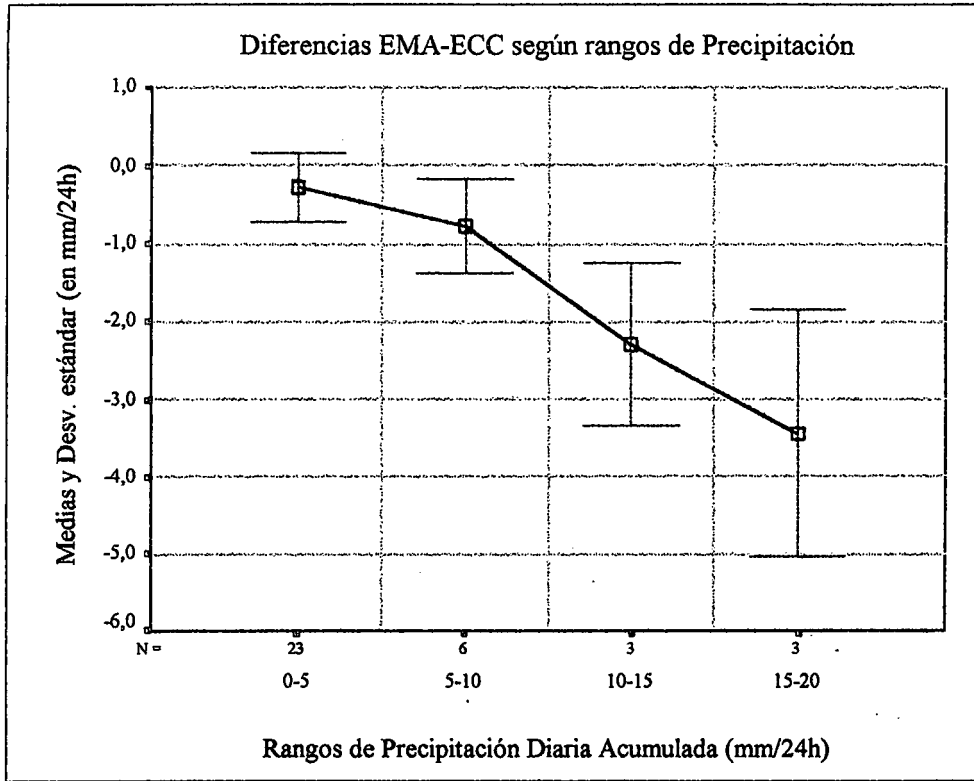


Gráfico 32.b: Diferencias porcentuales de Precipitación según registros en la ECC (mm/24h)

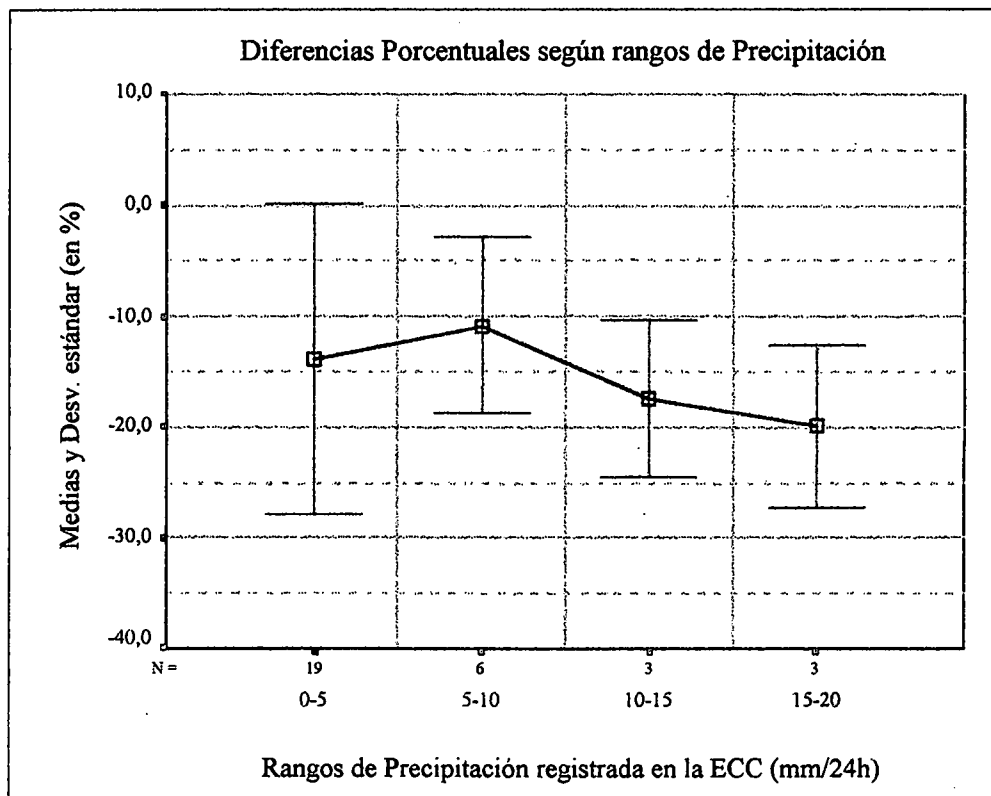


Tabla 49: resumen estadístico de diferencias de Precipitación

EMA\_ECC

Rangos de Precipitación (mm/24h)	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desviación estándar	Coefficiente de asimetría
0-5	23	-,3	-,1	-1,5	,2	1,7	,5	-1,333
5-10	6	-,8	-,8	-1,6	,0	1,6	,6	-,124
10-15	3	-2,3	-2,8	-3,0	-1,1	1,9	1,0	1,661
15-20	3	-3,4	-3,0	-5,2	-2,1	3,1	1,6	-1,132
Total	35	-,8	-,3	-5,2	,2	5,4	1,2	-2,046

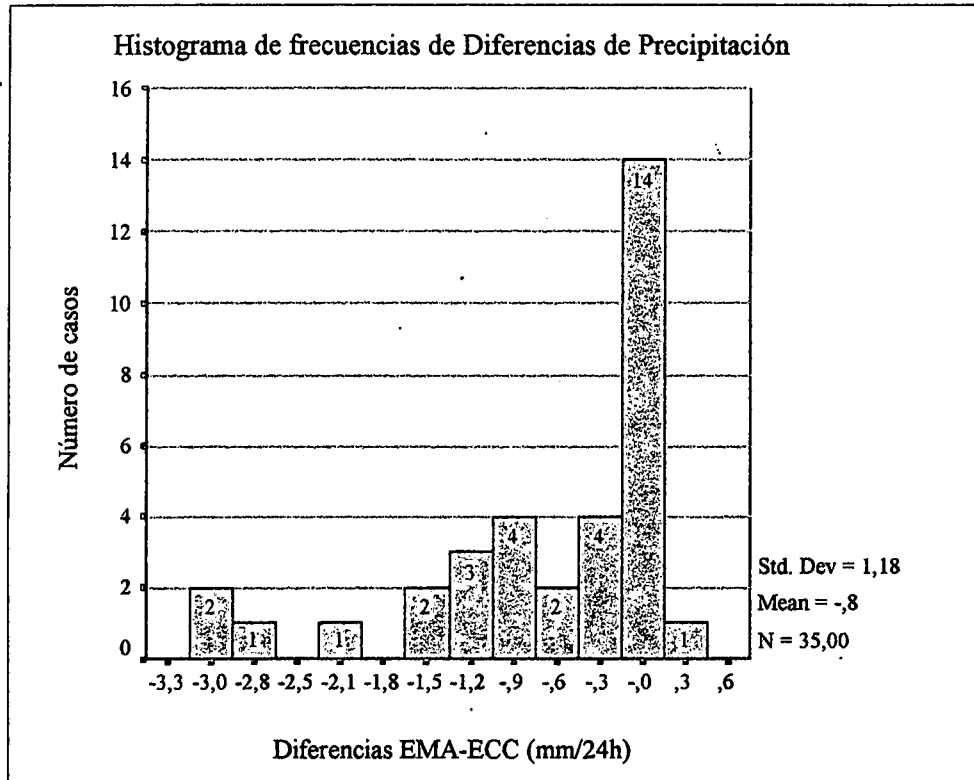
Tabla 50: Resumen estadístico de diferencias porcentuales de Precipitación

DIF\_PORC

Rangos de Precipitación (mm/24h)	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desviación estándar	Coefficiente de asimetría
0-5	19	-13,9%	-9,1%	-36,4%	5,0%	41,4%	14,0%	-,163
5-10	6	-10,8%	-10,5%	-23,2%	,0%	23,2%	8,0%	-,339
10-15	3	-17,4%	-20,7%	-22,4%	-9,2%	13,2%	7,2%	1,621
15-20	3	-19,9%	-19,1%	-27,7%	-13,0%	14,7%	7,4%	-,482
Total	31	-14,3%	-13,0%	-36,4%	5,0%	41,4%	11,9%	-,088

FASE 3: El histograma de frecuencias presentado en el gráfico 33 está bastante influenciado por el gran número de precipitaciones leves (menos de 5 mm/24h), para las cuales las diferencias EMA-ECC resultaron con magnitudes casi siempre por debajo de los 0,5 mm. Sin embargo, puede observarse que la distribución tiene un comportamiento que no puede ser descrito por la distribución normal.

Gráfico 33



### 6.3.3. Diagnóstico de la transición en la medición de Precipitación pluvial

Los resultados de la comparación (tablas 42 a 45) corresponden a dos rangos de precipitación, por lo que podría emitirse un diagnóstico separado para ellos. Las diferencias promedio para lluvias acumuladas de menos de 6,7 mm/24h llegan a doblar los parámetros OMM, pero se encuentran dentro de la incertidumbre de los instrumentos. Las precipitaciones mayores (hasta los 20 mm/24h) presentaron diferencias promedio que sobrepasan considerablemente dicha incertidumbre instrumental, la cual es bastante elevada debido a las especificaciones del fabricante del sensor electrónico. Dado que en todo el rango evaluado las diferencias EMA-ECC (promedio) estuvieron bastante por encima de los parámetros OMM, se decidió que la transición en la medición de la precipitación es **INSATISFACTORIA** en su estado actual.

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 7.1. Radiación Solar Total

Las mediciones de radiación en la EMA tienden a arrojar valores mayores que los de la ECC, aunque no de manera contundente, pues las diferencias EMA-ECC resultaron positivas sólo en el 59,5% de los casos de la muestra. Este comportamiento se dio mayormente en los valores muy bajos y muy altos de radiación, en tanto que para valores medios hubo mayor equilibrio entre el número de diferencias positivas y negativas.

Al discriminar las diferencias según las horas del día, los resultados tienen cierta concordancia con lo comentado anteriormente: las diferencias positivas se dan en horas tempranas del día y al anochecer (muy baja radiación), y también en las horas cercanas al mediodía (valores muy altos de radiación). La primera situación probablemente refleja la influencia de la diferencia en la instalación de los instrumentos, pues el actinógrafo, al estar a menor altura, es más propenso a que sus mediciones sean obstaculizadas por los objetos de su entorno inmediato. Adicionalmente, debe considerarse el mayor porcentaje de incertidumbre debida a la inexactitud de los instrumentos para las horas de incidencia solar muy oblicua.

En la evaluación de los rangos de radiación medidos, se observó que las máximas diferencias (en valor absoluto) ocurrieron entre los 400 y 500 W/m<sup>2</sup>, es decir, en un rango intermedio de radiación. En ese mismo rango se dio el mejor equilibrio entre los números de diferencias positivas y negativas. Estos resultados suman dos situaciones muy desfavorables en cuanto a la incertidumbre de las mediciones, por lo cual no puede concluirse que exista una tendencia clara de la magnitud que pueden alcanzar las diferencias en función de las distintas magnitudes de radiación medida. Se evidenció que para cuantificar la dispersión de las diferencias en ese sentido habría resultado conveniente expresar las diferencias como porcentajes de las mediciones correspondientes.

Según los resultados del estudio de las diferencias según la tendencia de la radiación, el sensor electrónico podría tener mayor o menor inercia que el actinógrafo, tanto en ascensos como en descensos de radiación. Tal situación es inconsistente con lo observado en la evaluación

preliminar de los instrumentos, donde se observó una mayor rapidez de respuesta por parte del sensor electrónico. Se concluyó que para un análisis efectivo de este aspecto, es necesario contar con mediciones de mayor frecuencia, o sea que ellas estén menos espaciadas en el tiempo, y restringidas a períodos de claras variaciones en la radiación.

El análisis de la distribución de las diferencias mostró que las mismas no se adaptan a la curva normal, aunque no se esclareció la existencia de otra distribución en particular.

En resumen, los resultados de la comparación reflejaron diferencias algo erráticas entre los registros de radiación de la EMA y los de la ECC. Existe una gran dispersión en las magnitudes de las diferencias halladas, por lo cual no debería llegarse a conclusiones de carácter definitivo. Dado que la evaluación inicial del sensor electrónico SEBA resultó satisfactoria, además del prolongado tiempo de uso del instrumento convencional sin calibraciones muy frecuentes, se cuestiona en primera instancia la capacidad de respuesta de este último. En virtud de que las diferencias positivas y negativas promediadas conjuntamente en todo el rango evaluado tienden a compensarse (aunque con una gran desviación estándar), surge la hipótesis de que los promedios diarios y de máxima y mínima radiación podrían mostrar diferencias que para fines prácticos fueran menos considerables que las halladas aquí al comparar sus valores absolutos con los parámetros de incertidumbre. Se concluyó que para resolver esta nueva cuestión convendría revisar los criterios de comparación y hacerlos tal vez más adecuados a las condiciones específicas de los instrumentos evaluados y al uso que vaya a darse a los datos registrados.

## **7.2. Temperatura del aire**

Las temperaturas reportadas por la EMA tienden a ser menores que aquellas del registro de la ECC, según ocurrió en el 68% de los casos del análisis. Las diferencias (en valor absoluto) promedio son de 0,5°C para temperaturas por debajo de los 23° Celsius y de aproximadamente 1°C para temperaturas mayores. Los resultados hallados para los rangos de temperaturas bajas son en general más consistentes, aunque existe una pequeña cantidad de puntos con diferencias anormalmente elevadas. Dado que los resultados difieren a lo largo del rango total de temperaturas evaluadas, se concluye que la correlación hallada no servirá para adaptar todos los

valores de temperatura. Distintas correlaciones podrían calcularse para rangos parciales de la temperatura, para lo cual habría que obtener un mayor número de mediciones en valores extremos del que se contó en este trabajo.

La dispersión en la magnitud de las diferencias entre las mediciones convencional y electrónica se hace más amplia conforme aumentan las temperaturas y dichas diferencias también se hacen mayores cada vez. Los rangos de temperaturas elevadas se ven más afectados en ese sentido puesto que dentro de los mismos se presentan numerosas diferencias positivas. Puesto que las evaluaciones preliminares tanto del instrumento convencional como del sensor electrónico resultaron satisfactorias, se piensa que esta tendencia aparentemente sistemática se debe a factores diferentes a la calibración de los instrumentos. En base a ello y a las experiencias de los estudios similares realizados en otras instituciones, se considera como principal causa probable la diferencia que puede existir entre la disipación de energía brindada por el protector de radiación del sensor electrónico y la que brinda la caseta meteorológica donde se aloja el termohigrógrafo.

El estudio de las diferencias discriminadas por sus horas de ocurrencia dio resultados muy consistentes con las observaciones anteriores. Los valores de la EMA tienden a ser mayores que los de la ECC sólo en las horas cercanas al mediodía, cuando se dan las máximas temperaturas. Durante la mañana, a medida que se alcanzan esos valores, aumenta la relación entre las diferencias positivas y negativas hasta las primeras prevalecen. Durante la tarde, mientras disminuye la temperatura, la situación se revierte hacia el comportamiento observado en la mayor parte de los casos, donde las mediciones de la ECC son algo mayores que las de la EMA.

Durante los ascensos de temperatura se halló una preponderancia de diferencias EMA-ECC positivas, en tanto que los descensos presentan una marcada tendencia a dar diferencias negativas. Esto podría tomarse como indicativo de que el sensor electrónico tiene una respuesta más rápida que la del termohigrógrafo tanto en ascensos como en descensos de la temperatura, interpretación que es adecuada a lo que puede esperarse de la naturaleza física de los elementos sensibles de los instrumentos. Sin embargo, al considerar los análisis anteriores, se concluye que estos resultados están afectados por los mismos factores que llevan a que las diferencias EMA-ECC cambien de signo según la magnitud de la temperatura medida, y no simplemente por una diferencia en la inercia de los instrumentos.

### **7.3. Precipitación pluvial**

Las precipitaciones acumuladas diarias registradas por el sensor electrónico son consistentemente menores que las registradas por el instrumento convencional. La magnitud promedio de las diferencias crece desde los 0,3 mm para lluvias de menos de 5 mm/24h hasta unos 3,4 mm para precipitaciones entre 15 y 20 mm/24h. En términos porcentuales el cambio es menos marcado, variando entre el 14% de las lluvias más leves y un 20% de las mayores precipitaciones evaluadas.

Aunque estos resultados eran predecibles por las evaluaciones preliminares, la existencia de algunos días con registros idénticos de precipitación entre ambos instrumentos indica que las diferencias pueden salvarse bajo ciertas condiciones. El solo estudio de los datos de precipitación no logró definir características comunes entre estos días de coincidencia perfecta, salvo que las precipitaciones implicadas estuvieron siempre en la parte más baja del rango total evaluado, específicamente bajo los 6 mm/24h.

Por otra parte, diferencias tan grandes como las halladas para precipitaciones sobre los 12 mm/24h difícilmente pueden atribuirse a las diferentes apreciaciones de los instrumentos. Este factor sí es de una influencia notable en aquellas precipitaciones muy leves, al punto de que el sensor electrónico puede registrar lluvias que no son suficientes para activar el mecanismo del pluviógrafo convencional. Dicho fenómeno ocurrió cuatro veces en el período del estudio, con dos precipitaciones acumuladas de 0,1 mm/24h y dos de 0,2 mm/24h.

Estas observaciones llevan a la conclusión de que el sensor electrónico SEBA está en la capacidad de registrar las precipitaciones (en el rango evaluado, de 0 a 20 mm/24h) con una exactitud al menos equiparable a la del pluviógrafo convencional, pero dicha capacidad ha estado limitada en la estación U.C.V. por factores exógenos a la calibración del instrumento. Se considera como causa probable la ubicación del sensor, pues su cercanía a otros instrumentos y su escasa altura en relación a ellos le hace propenso a sufrir cierto bloqueo en precipitaciones arrastradas lateralmente por el viento. Se considera que mientras esta situación no sea solventada, los registros del sensor electrónico no están aptos para ser utilizados en estudios de intensidades de precipitación, para lo cual justamente resultaría más útil la medición electrónica en condiciones óptimas de funcionamiento. Este tipo de inconvenientes en la medición de la lluvia

se ha hecho evidente en numerosas instituciones y sus posibles soluciones han sido evaluadas experimentalmente en varios países y presentadas ante la comunidad meteorológica internacional en diversas ocasiones [I, III].

#### **7.4. Conclusiones generales**

Los procedimientos de correlación aplicados en este trabajo pueden ser de gran utilidad en la concatenación de los registros históricos de una estación convencional y los de una estación electrónica que eventualmente la sustituya en su misma ubicación. El hallazgo de relaciones lineales en la comparación realizada induce a pensar que las correlaciones pueden llegar a ser muy confiables en estaciones donde los instrumentos convencionales hayan recibido un mantenimiento y servicio adecuados, garantizándose la vigencia de su calibración. Por supuesto, será de igual importancia una correcta instalación de sensores electrónicos de calidad comprobada.

El enfoque de una discriminación de los registros según las horas del día tiene la intención de permitir su aplicabilidad a diferentes épocas del año. Esto especialmente en aquellas ubicaciones donde los regímenes climáticos impliquen variaciones importantes en el comportamiento de los factores y elementos meteorológicos, tales como persistencia de los vientos, diferentes incidencias de radiación solar y lluvias originadas de distintos tipos de nubosidad y condiciones atmosféricas. La conveniencia de una comparación en distintos rangos o intensidades resulta igualmente importante, en el sentido de garantizar la comprensión de los cambios que el uso de nuevas tecnologías introduce tanto en las mediciones comunes como en los probables extremos de los elementos a ser medidos.

Si bien los resultados de la comparación gráfica de los histogramas con la curva normal no fueron muy ilustrativos, se considera que un estudio con el mismo propósito, con el uso de métodos numéricos, daría la posibilidad de obtener información valiosa para una comparación como la de este trabajo. El hecho de aplicar técnicas estadísticas que permitan adaptar ciertas distribuciones probabilísticas a las diferencias entre los instrumentos permitiría adelantos en la determinación de los factores de error aleatorios y no aleatorios, de modo de coadyuvar en la definición de los factores que afecten las mediciones evaluadas.

## **8. RECOMENDACIONES**

Finalizado este trabajo, se desea brindar una serie de recomendaciones para la eventual realización de estudios similares. No se pretende cubrir en detalle aspectos que, debido a su gran importancia, se encuentran suficientemente documentados en publicaciones previas y específicas sobre cada tema.

### **8.1. Recomendaciones particulares a la estación U.C.V.**

- Dado que los resultados hallados para la radiación solar fueron bastante inconsistentes, y por ello no se llegó a una correlación que permita concatenar los registros históricos con los del nuevo sensor, se recomienda la pronta calibración del actinógrafo, siempre que exista la intención de seguir utilizando sus registros.
- Se recomienda la continuación de la comparación de los registros de temperatura, de modo de cubrir un rango mayor en las mediciones y obtener una mayor densidad de puntos a utilizar en la correlación, especialmente en los casos extremos (temperaturas mínimas y máximas). Se podrá observar entonces la conveniencia de una correlación por partes de la amplitud total que se espera medir en la estación.
- Para lograr mediciones más consistentes de la precipitación pluvial, se recomienda como primer paso la reubicación del sensor electrónico, situándolo a la misma altura de los pluviómetros convencionales de la estación y de modo que no encuentre obstrucciones a la recolección de la lluvia. En segunda instancia, la sustitución del elemento sensible del instrumento electrónico por uno de igual apreciación que el balancín SIAP (0,2 mm) es recomendable para conseguir una mayor homogeneidad entre los análisis de intensidades de lluvia cuando se quiera utilizar los registros históricos y los nuevos registros electrónicos.
- En cuanto a los actuales procedimientos de registro de la estación convencional, se recomienda establecer una logística que garantice la continuidad de los mismos, incluyendo el mantenimiento frecuente de los instrumentos y la consideración de involucrar a quienes realicen las observaciones y mediciones en un cuidado consistente de la calidad de los datos.

Deben solventarse problemas tales como la falta de registros o la elaboración inadecuada de los mismos, como se hizo evidente en la falta de promedios horarios para temperaturas y humedad relativa análogos a los que sí se elaboran actualmente para la radiación solar y la dirección y velocidad del viento.

- En general, luego de observarse las limitaciones impuestas por la situación actual de la estación U.C.V., se recomienda una consideración seria de una eventual reubicación de todos los instrumentos o de un acondicionamiento del entorno de la estación, dada la inconveniente influencia de las características de su emplazamiento actual. El proceso podría comenzarse con la instalación de los sensores electrónicos en una ubicación más adecuada, para realizar un trabajo comparativo que determine detalladamente las relaciones entre esas nuevas mediciones y las de la estación convencional en su estado actual. Cumplido un lapso que garantice resultados consistentes, sujetos incluso a validación experimental, podría mudarse el instrumental convencional al nuevo emplazamiento.

## **8.2. Recomendaciones en cuanto a la implementación de estaciones automáticas**

La recomendación primordial concierne al proceso de instalación, de modo que ésta sea adecuada a conseguir mediciones que representan una verdadera continuación de los registros de la estación convencional existente. Para efectos de la elección del tipo de sensores a instalar y sus consideraciones particulares, existirán tantas opciones como diferentes necesidades del usuario y condiciones del entorno y la naturaleza del trabajo de medición meteorológica/climatológica. Como una ilustración a los criterios útiles para estas decisiones, se recomienda consultar los artículos de la referencia II (Documento Técnico 862 de la OMM) concernientes a la evaluación de las posibilidades técnicas en función de las necesidades y capacidades operativas.

Con respecto a las experiencias con distintos equipos de nueva tecnología en las mediciones meteorológicas, es muy valioso el compendio logrado en la referencias I y III (Documentos Técnicos de la OMM N<sup>os</sup> 670 y 877, respectivamente), donde se tratan aspectos desde las comparaciones entre accesorios para los instrumentos hasta nuevos algoritmos para el procesamiento de los datos.

### **8.3. Recomendaciones en cuanto a la aplicación de la comparación**

- Para efectos de conseguir una correlación entre los nuevos registros y los históricos, debe mantenerse sin modificación el estado de calibración de los instrumentos convencionales, aún cuando se sospeche que éste no es el más idóneo. Un intento por mejorar las mediciones justo antes de comenzar la comparación hará que los resultados de la misma reflejen sólo la nueva situación de las mediciones, y se habrá perdido la oportunidad de poder adaptar los registros antiguos para que tengan continuidad con los de los sensores nuevos. Esta consideración es extensible a cambios en el entorno de la estación, tales como la deforestación, instalación de accesorios en los instrumentos o cambios en su albergue, construcción de estructuras cercanas, etc.
- Como se recomienda en varias de las referencias consultadas en el desarrollo de este trabajo, debe estipularse un período de comparación lo suficientemente largo como para captar con ambos tipos de instrumentos todas las variaciones de los elementos susceptibles de ser medidas en la zona de la estación. Considerando el ciclo anual de las estaciones climáticas, este período debía ser no menor de un año, y puede requerirse más tiempo si se determina que no se ha conseguido un número suficiente de mediciones para cierto rango de valores.
- Debe mantenerse la coherencia de los formatos de registro de ambos tipos de instrumento. Resulta obvia la incompatibilidad, por ejemplo, de mediciones puntuales de un elemento con los promedios horarios del mismo, calculados a partir de varias mediciones puntuales.
- Cuando las magnitudes a ser medidas cubran un espectro muy amplio de valores, como es el caso de la radiación solar total en latitudes tropicales, se recomienda aplicar la comparación de las diferencias halladas expresando éstas como porcentajes de las mediciones reales. Esto compensaría la posibilidad de no apreciar diferencias de consideración en el rango más bajo de los registros.
- Se recomienda tener especial cuidado con la posibilidad de que existan distintas correlaciones para rangos parciales de los valores de un elemento meteorológico. Prever esta situación haciendo el estudio del rango total por partes tendría la ventaja adicional de permitir al

usuario notar el grado de influencia de la estacionalidad (ciclos determinados) sobre sus series de datos, y compensar tal efecto antes de llegar a sus conclusiones.

- De estar al alcance del investigador, se recomienda la aplicación de métodos numéricos de análisis estadístico no contemplados en este trabajo, adecuados a las características de las series de datos, y que puedan brindar información adicional acerca de la naturaleza de las diferencias que pudieran hallarse.
  
- Es sumamente aconsejable llevar un registro regular y debidamente archivado de lo que se conoce como "metadato". La documentación de las características del entorno de los instrumentos, su funcionamiento, las rutinas de medición, y toda aquella información que de un modo u otro se relacione con el funcionamiento de la estación o con el registro de los datos puede ser de una utilidad muy grande en la interpretación de series históricas y en la comprensión de los cambios observados en las mismas, e incluso imprescindible en algunos casos.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

### Publicaciones consultadas:

**I. WMO/Technical Document N° 670** (Instruments and observing methods, Report N° 58): *"Papers presented at the International Workshop on experiences with automatic weather stations on operational use within National Weather Services"*. Viena, 1995.

**II: WMO/Technical Document N° 862** (Instruments and observing methods, Report N° 65): *"Guidance on Automatic Weather Systems and their implementation"*. Viena, 1997.

**III. WMO/Technical Document N° 877** (Instruments and observing methods, Report N° 70): *"Papers presented at the WMO Technical Conference on meteorological and environmental instruments and methods of observation"*. Viena, 1998.

**IV. WMO N° 8:** Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. 5ª edición. Ginebra, 1983.

**V. OMM N° 168:** Guía de Prácticas Hidrológicas, Volumen I (Adquisición y proceso de datos). 4ª edición. Ginebra, 1984.

**VI. OMM N° 881/Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación:** *Duodécima Reunión: Informe Final Abreviado con Resoluciones y Recomendaciones*. Ginebra, 1998.

**VII. BENJAMIN, Jack:** *Probabilidad y Estadística en Ingeniería Civil*. Ed. McGraw Hill. Bogotá, 1970

**VIII. SCHEAFFER, R. y J. McCLAVE:** *Probabilidad y Estadística en Ingeniería*. Ed. Iberoamérica. México, 1993

### **Referencias a trabajos previos en el área del estudio:**

[1] **P. Németh:** “First experiences with the intercomparison of meteorological data measured by traditional instruments and sensors of AWS in Hungary”. WMO, Instruments and observing methods, Report N° 58. Viena, 1995.

[2] **Gómez Mendoza, Leticia:** “Comparaciones entre instrumental convencional y automático en las estaciones sinópticas del Servicio Meteorológico Nacional en México”. WMO, Instruments and observing methods, Report N° 70. Viena, 1998.

[3] **Nunes, Luis Filipe:** “Comparison of daily maximum air temperature data series observed by classical and automatic meteorological systems”. WMO, Instruments and observing methods, Report N° 70. Viena, 1998.

## TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1: Vista general de la Estación Climatológica U.C.V. <sup>C</sup></i> .....	6
<i>Figura 2: Esquema de elementos del sistema Atmósfera - Hidrósfera</i> .....	12
<i>Figura 3: Placa identificativa de la estación U.C.V. <sup>A</sup></i> .....	14
<i>Figura 4: Disposición de los instrumentos en la estación U.C.V. <sup>C</sup></i> .....	17
<i>Figura 5: Termohigrógrafo SIAP (fuera de la caseta) <sup>B</sup></i> .....	18
<i>Figura 6: Interior de la caseta con termohigrógrafo, psicrómetro y termómetros de extremas <sup>B</sup></i> .....	19
<i>Figura 7: Detalles de termohigrógrafo Muller de haz vertical <sup>A</sup></i> .....	21
<i>Figura 8: Psicrómetro modelo "August" del tipo "aspirador" <sup>A</sup></i> .....	21
<i>Figura 9: Geotermómetros a 2, 5, 10, 20 y 50 cm de profundidad <sup>A</sup></i> .....	22
<i>Figura 10: Pluviógrafo de balancín SIAP <sup>B</sup></i> .....	23
<i>Figura 11: Pluviómetro de cántaro <sup>C</sup></i> .....	23
<i>Figura 12: Detalle del Pluviógrafo SIAP <sup>C</sup></i> .....	24
<i>Figura 13: Componentes del pluviómetro <sup>C</sup></i> .....	24
<i>Figuras 14, 15 y 16: Tina evaporimétrica, tornillo micrométrico y anemómetro contador <sup>B, A</sup></i> .....	25
<i>Figura 17: Heliofanógrafo <sup>A</sup></i> .....	26
<i>Figuras 18 y 19: Actinógrafo tipo Robitzsch <sup>A</sup></i> .....	27
<i>Figura 20: Vista del emplazamiento del anemocinemógrafo: cajón y torre, desde el Noroeste <sup>A</sup></i> .....	29
<i>Figura 21: Vista del emplazamiento del anemocinemógrafo: veleta y copas, desde el Sur <sup>A</sup></i> .....	29
<i>Figuras 22 y 23: Detalles del anemocinemógrafo <sup>A</sup></i> .....	30
<i>Figura 24: Barómetro de mercurio tipo FORTIN</i> .....	31
<i>Figura 25: Vista de la EMA U.C.V. <sup>A</sup></i> .....	32
<i>Figura 26: Sensor de temperatura y humedad relativa SN 219 <sup>A</sup></i> .....	35
<i>Figuras 27, 28 y 29: Sensor de precipitación RG 50/143 <sup>A, A, C</sup></i> .....	36
<i>Figuras 30 y 31: Sensor Weathertronics de evaporación en tina <sup>A, C</sup></i> .....	37
<i>Figura 32: Sensor de radiación solar total SEBA 8101 <sup>C</sup></i> .....	38
<i>Figura 33: Unidad de adquisición de datos <math>\mu</math>Logger y circuito en la caja NEMA <sup>A</sup></i> .....	40

### Créditos por fotografía:

<sup>A</sup> Ing. Leoncio Pérez Machado

<sup>B</sup> Ing. Abraham Salcedo

<sup>C</sup> Lic. Marisol Pérez Savelli

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS

<i>Tabla 1: Parámetros climatológicos vigilados en la estación climatológica U.C.V.</i>	15
<i>Tabla 2: Relación Humedad Atmosférica / dilatación de haz de cabellos (Keinschmidt)</i>	20
<i>Tabla 3: Especificaciones de sensor SEBA SN 219 - Temperatura del aire</i>	34
<i>Tabla 4: Especificaciones de sensor SEBA SN 219 - Humedad Relativa</i>	34
<i>Tabla 5: Especificaciones de sensor de precipitación RG 50/143</i>	35
<i>Tabla 6: Especificaciones de sensor - Evaporación en Tina</i>	37
<i>Tabla 7: Especificaciones de sensor de radiación solar total 8101</i>	38
<i>Tabla 8: Especificaciones del <math>\mu</math>Logger Tecnum</i>	40
<i>Tabla 9: Lapsos comunes de registro en las estaciones U.C.V.</i>	45
<i>Tabla 10: Parámetros de incertidumbre - Instrumentos Convencionales</i>	50
<i>Tabla 11: Parámetros de incertidumbre - Instrumentos Automáticos</i>	50
<i>Tabla 12: Comparación de diferencias de Radiación Solar con parámetros OMM</i>	58
<i>Tabla 13: Comparación de diferencias de Radiación Solar con incertidumbre de instrumentos</i>	58
<i>Tabla 14: Sumario estadístico de diferencias de Radiación Solar</i>	59
<i>Tablas 15 y 16: Sumario estadístico de diferencias positivas y negativas de Radiación Solar</i>	60
<i>Gráfico 3: Diferencias discriminadas por rangos de Radiación Solar medida en la ECC</i>	61
<i>Gráfico 4: Número de diferencias positivas y negativas según rangos de Radiación Solar</i>	62
<i>Tablas 17 y 18: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según rangos de Radiación Solar</i>	62
<i>Gráfico 5: Valores absolutos de las diferencias discriminados por rangos de R.S. en la ECC</i>	63
<i>Gráfico 6: Diferencias positivas discriminadas por rangos de R.S. en la ECC</i>	63
<i>Gráfico 7: Diferencias negativas discriminadas por rangos de R.S. en la ECC</i>	64
<i>Gráfico 8: Diferencias de Radiación Solar discriminadas según horas del día</i>	65
<i>Gráfico 9: Número de diferencias positivas y negativas según horas del día (Radiación Solar)</i>	65
<i>Tablas 19 y 20: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según horas del día (Rad. Solar)</i>	66
<i>Gráfico 10: Valores absolutos de las diferencias discriminados según horas del día</i>	66
<i>Gráfico 11: Diferencias positivas discriminadas según horas del día</i>	67
<i>Gráfico 12: Diferencias negativas discriminadas según horas del día</i>	67
<i>Tabla 21: Sumario estadístico de diferencias discriminadas según tendencia de Radiación Solar</i>	68
<i>Gráfico 13: Número de diferencias positivas y negativas según tendencias de Radiación Solar</i>	69
<i>Tabla 22: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según tendencias de Radiación Solar</i>	69
<i>Tabla 23: Resumen estadístico de diferencias positivas según tendencias de Radiación Solar</i>	69
<i>Tabla 24: Resumen estadístico de diferencias negativas según tendencias de Radiación Solar</i>	70
<i>Gráfico 14: Histograma de frecuencias de diferencias EMA-ECC</i>	70
<i>Gráfico 15: Correlación de valores ECC/EMA de temperatura</i>	72
<i>Tabla 25: Comparación de diferencias de Temperatura con parámetros OMM de incertidumbre aceptable</i>	73
<i>Tabla 26: Comparación de diferencias de Temperatura con incertidumbre de los instrumentos</i>	74
<i>Tabla 27: Sumario estadístico de diferencias de Temperatura</i>	74
<i>Tablas 28 y 29: Sumario estadístico de diferencias positivas y negativas de Temperatura</i>	75

Gráfico 16: Porcentajes de diferencias EMA-ECC positivas y negativas (Temperatura)	75
Gráfico 17.a: Diferencias discriminadas por rangos de Temperatura medida en la ECC (1°C)	76
Gráfico 17.b: Diferencias discriminadas por rangos de Temperatura medida en la ECC (2°C)	77
Gráfico 18: Número de diferencias positivas y negativas según rangos de Temperatura	77
Tabla 30: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según rangos de Temperatura	78
Gráfico 19: Valores absolutos de las diferencias discriminados por rangos de Temperatura (2°C)	79
Gráfico 20: Diferencias positivas discriminadas por rangos de Temperatura (2°C)	79
Gráfico 21: Diferencias negativas discriminadas por rangos de Temperatura (2°C)	80
Gráfico 22: Diferencias de Temperatura discriminadas según horas del día	81
Gráfico 23: Valores absolutos de diferencias de Temperatura discriminados según horas del día	82
Gráfico 24: Diferencias positivas de Temperatura discriminadas según horas del día	82
Gráfico 25: Diferencias negativas de Temperatura discriminadas según horas del día	83
Gráfico 26: Número de diferencias positivas y negativas según horas del día (Temperatura)	84
Tabla 31: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según horas del día (Temperatura)	84
Tabla 32: Sumario estadístico de diferencias discriminadas según tendencia de Temperatura	85
Gráfico 27: Número de diferencias positivas y negativas según tendencias de la Temperatura	86
Tabla 33: Porcentajes de diferencias positivas y negativas según tendencia de la Temperatura	86
Tabla 34: Resumen estadístico de diferencias positivas según tendencias de Temperatura	87
Tabla 35: Resumen estadístico de diferencias negativas según tendencias de Temperatura	87
Gráfico 28: Histograma de frecuencias de diferencias EMA-ECC	87
Tabla 36: Sumario estadístico de diferencias de Temperatura para temperaturas "bajas"	88
Tabla 37: Comparación de diferencias para Temperaturas Bajas con parámetros de incertidumbre aceptable	89
Tabla 38: Comparación de diferencias para Temperaturas Bajas con incertidumbres instrumentales	89
Tabla 39: Sumario estadístico de diferencias de Temperatura para temperaturas "altas"	90
Tabla 40: Comparación de diferencias para Temperaturas Altas con parámetros de incertidumbre aceptable	90
Tabla 41: Comparación de diferencias para Temperaturas Altas con incertidumbres instrumentales	91
Gráfico 29: Correlación de valores ECC/EMA de precipitación diaria	93
Tabla 42: Comparación de diferencias de Precipitación < 6,7 mm con incertidumbre aceptable por OMM	94
Tabla 43: Comparación de diferencias de Precipitación < 6,7 mm con incertidumbre de los instrumentos	94
Tabla 44: Comparación de diferencias de Precipitación > 6,7 mm con incertidumbre aceptable por OMM	95
Tabla 45: Comparación de diferencias de Precipitación > 6,7 mm con incertidumbre de los instrumentos	95
Tabla 46: Sumario estadístico de diferencias de Precipitación	96
Tabla 47: Sumario estadístico de diferencias positivas y negativas de Precipitación	96
Gráfico 30: Porcentajes de diferencias EMA-ECC positivas y negativas (Precipitación)	97
Gráfico 31: Comparación gráfica de las precipitaciones registradas por la EMA y la ECC	98
Gráfico 32.a: Diferencias por rangos de Precipitación medida en la ECC (mm/24h)	99
Gráfico 32.b: Diferencias porcentuales de Precipitación según registros en la ECC (mm/24h)	99
Tabla 49: sumario estadístico de diferencias de Precipitación	100
Tabla 50: Sumario estadístico de diferencias porcentuales de Precipitación	100

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### **Extractos de trabajos de comparación realizados en otras instituciones**

#### ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LAS REDES METEO-FRANCE

Michel Leroy, Meteo-France, 1995

#### **EXTRACTO**

(Planes para desarrollar una comparación de instrumentos de precipitación y de temperatura)

... La Meteo-France ha utilizado sus primeras estaciones automáticas desde hace más de 25 años... Las estaciones automáticas realmente comenzaron a ser utilizadas a gran escala hace 15 años en dos tipos principales de estaciones: en localidades totalmente aisladas y como una ayuda al observador humano. Hoy en día, aproximadamente 100 estaciones automáticas operan en diferentes redes en Francia (y en territorios en el exterior)...

... La Meteo-France tiene un proyecto de total automatización de esta red, reemplazando las observaciones humanas por pequeñas estaciones automáticas que miden las precipitaciones y la temperatura. El número propuesto de estaciones es de 1500. Antes de instalar una red tan densa, se instalará una red experimental en 4 departamentos administrativos en el Sur de Francia. El objetivo es probar la confiabilidad de las estaciones en mediciones de lluvia, la calidad de las mediciones automáticas comparadas con las clásicas (convencionales)... La prueba comenzará en Mayo del 95 por un período de un año... incluyen las funciones de corrección para mediciones de lluvia para considerar la influencia de la intensidad de la precipitación en respuesta a los sensores de cubetas de ladeo. Las operaciones de mantenimiento y control, principalmente en la medición de la lluvia vertiendo una cantidad fija de agua, también será registrada en un archivo diario.

**PRIMERAS EXPERIENCIAS CON LA INTERCOMPARACIÓN DE LOS DATOS METEOROLÓGICOS  
MEDIDOS POR INSTRUMENTOS TRADICIONALES Y SENSORES DE ESTACIONES  
CLIMATOLÓGICAS AUTOMÁTICAS (ECA) EN HUNGRÍA.**

P. NEMETH.

SERVICIO METEOROLÓGICO DE LA REPÚBLICA DE HUNGRÍA, BUDAPEST, 1995.

Introducción.

Se puede estudiar la automatización de las observaciones a partir de los siguientes aspectos:

1. Aspectos financieros, tales como costo de inversiones, costo de operación, etc.
2. Antecedentes técnicos de operación, tales como frecuencia de fallas, mantenimiento, calibración, etc.
3. Disposición del trabajo (Por ej. Operación automática nocturna sin personal, completada por medio de observaciones visuales durante el día, etc.).
4. Un aspecto muy importante es estudiar la homogeneidad de las series de tiempo de datos durante y después del cambio de instrumentación.

En mi opinión el último problema es el asunto más importante para el futuro. Es mi parecer que las próximas generaciones estarán interesadas solamente en la calidad de los datos acumulados por nosotros, y no estarán interesados, por ejemplo, en nuestras dificultades financieras.

La automatización de medidas implica el cambio de sensores para casi todos los parámetros meteorológicos. El asunto básico es si la automatización causa cualquier cambio en las series de tiempo, o no, y si lo hace, cuan grande es este cambio.

Los sensores nuevos y tradicionales pueden ser comparados en el laboratorio y en condiciones de campo también. Nosotros preferimos la comparación de campo. Luego de la instalación de las primeras 5 estaciones climatológicas automáticas, durante el último año, realizamos una comparación de campo...

Lista de sensores Comparados

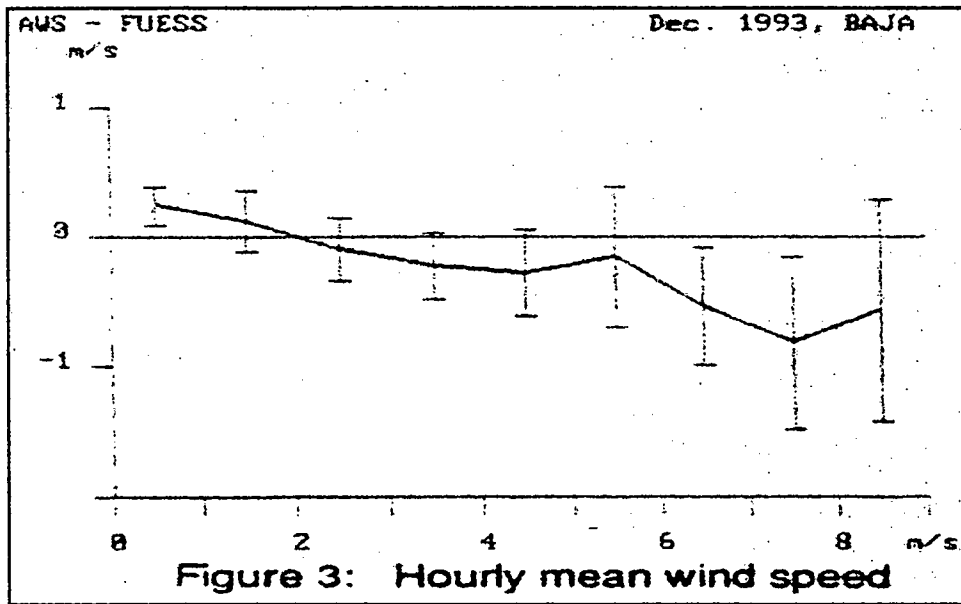
<i>Elemento</i>	<i>Sensores de ECA MILOS 500</i>	<i>Sensores Tradicionales</i>	<i>Parámetro comparado</i>
Viento	Anemómetro optoelectrónico de tres copas WAA15A	FUESS de tres copas	Velocidad media y ráfagas
Presión	Transductor de presión DPA 21	Barómetro de mercurio	Presión a nivel de estación
Humedad	HUMICAP HMP35D	Psicrómetro	Humedad relativa
Temperatura	Pt 100 (resistencia de platino de 100 ohm)	Termómetro tradicional	

Por supuesto que todas las ECA MILOS-500 han sido equipadas también con otro tipo de sensores, tales como: veleta de viento, piranómetro, termómetros de suelo, y así sucesivamente. Sin embargo, estos sensores no fueron incluidos en la presente intercomparación.

La comparación fue llevada a cabo por separado para cada estación sobre una base mensual. Calculamos las medias mensuales y las desviaciones estándar con respecto a cada mes... La duración de las mediciones paralelas fue realmente menor que un año debido a que al principio se encontraron numerosas deficiencias de datos en las series de tiempo de las estaciones automáticas. No obstante, la cantidad de datos obtenidos fue suficiente para la comparación.

## 2. Evaluación de resultados

Nuestro primer parámetro es la **media horaria de velocidad del viento**... La diferencia entre los rendimientos de los dos anemómetros depende de la velocidad del viento. En velocidades superiores a 2m/s, los valores VÄISÄLÄ son menores a los de FUESS. La diferencia aumenta con la velocidad del viento. Las diferencias relativas en por cientos de la velocidad del viento son estables en el tiempo, pero varios valores diferentes fueron encontrados para ésta en todas las estaciones. En algunos lugares éstos alcanzaron el 10%...



... Ahora veamos la comparación de la **ráfaga de viento**. Los resultados pueden dividirse en dos grupos, dependiendo de las condiciones de mantenimiento de los instrumentos FUESS. En el primer grupo hemos colocado instrumentos FUESS que estaban en buenas condiciones... Los anemógrafos que formaron el segundo grupo podemos llamarlos "grupo previo al mantenimiento" (la frecuencia de los mantenimientos regulares es de 1 año).

En la Fig 4. se puede observar un ejemplo de un instrumento FUESS en buen estado. En la escala sobre 10m/s el anemómetro VÄISÄLÄ da valores menores de ráfaga de viento y en esa escala la diferencia es independiente de ésta.

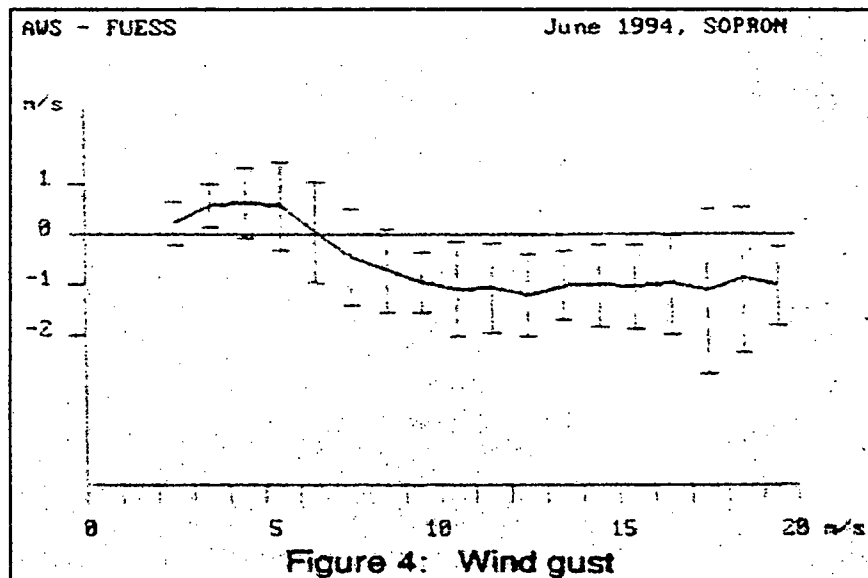


Figure 4: Wind gust

En la Fig. 5. se observa un ejemplo de un instrumento FUESS en mal estado. Hay diferencias grandes que aumentan con la ráfaga de viento. Esta Figura muestra el resultado más extremo de toda la comparación. Después del mantenimiento la desviación ha cambiado dramáticamente. Nuestra conclusión es la siguiente: el remplazo de los instrumentos FUESS por instrumentos electrónicos es necesario tan pronto como sea posible.

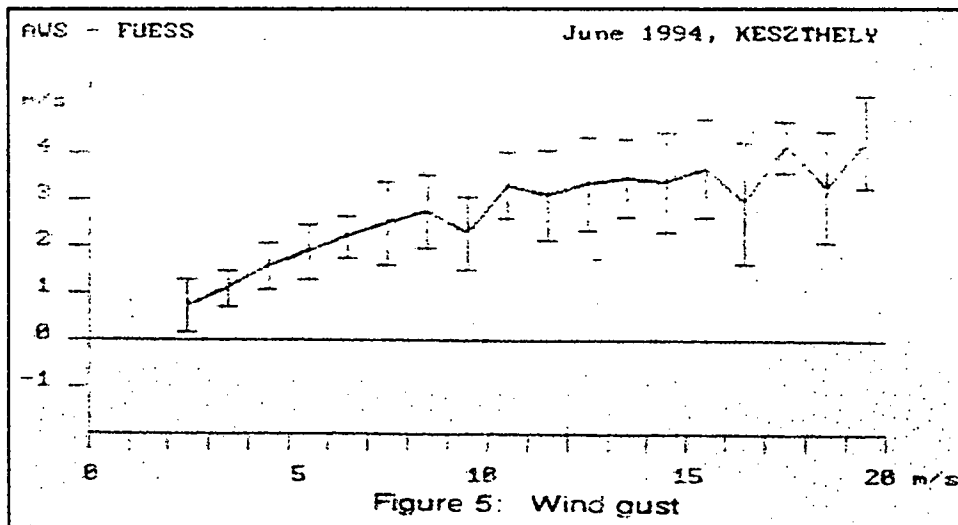


Figure 5: Wind gust

Prosigamos con el análisis de los datos de presión. Para la comparación utilizamos los datos de nivel de la estación en lugar de los datos del nivel del mar para evitar las consecuencias de diferentes métodos de cálculo (reducción al nivel del mar y corrección térmica).

... Las diferencias obtenidas fueron muy estables mes por mes y en la escala de 980-1050 ha., en la cual pudimos prácticamente estudiarlos; éstas eran independientes de los valores de presión.

#### ECA - Barómetro de mercurio

	Media	Desviación Estándar
Budapest	0.3	0.3
Sopron	0.4	0.2
Baja	0.6	0.3
Kesthely	-0.4	0.3

... Podemos concluir que en general, los sensores de presión VÄISÄLÄ dan valores más altos que los barómetros tradicionales de mercurio. Las diferencias son de aproximadamente 0,5 hPa y sus desviaciones estándar son positivamente bajas (de aproximadamente 0,3 hPa). Puede suponerse que las diferencias sistemáticas se deben a la diferencia de los instrumentos de referencia, que la referencia usada para la calibración de fábrica da valores mayores que nuestra referencia nacional. La diferencia sistemática detectada no causa mayores problemas debido a que los sensores de presión pueden ser ajustados adecuadamente.

El último parámetro en nuestra comparación es la **temperatura**. No se encontraron resultados inesperados en ningún lugar: para cada estación, las diferencias mensuales fluctuaron entre 0 y 0,2° C.

Es necesario comentar acerca de las circunstancias de la comparación. VÄISÄLÄ vende el sensor de temperatura y humedad con un escudo de radiación. Según nuestras experiencias anteriores, los escudos de radiación pueden modificar considerablemente el resultado de las mediciones de temperatura... Para nuestra comparación, ubicamos ambos termómetros en la misma pantalla de termómetro... En este sentido hemos decidido operar los sensores de temperatura y humedad VÄISÄLÄ en iguales pantallas de termómetros. A nuestro parecer, con esta opción se garantiza la homogeneidad de los datos de temperatura.

### 3. Conclusiones

Finalmente me gustaría resumir los resultados de la comparación.

1. Para la velocidad del viento por hora, se encontraron diferencias sistemáticas que alcanzan el 10% en una estación determinada. Los valores obtenidos por los anemómetros VÄISÄLÄ son menores.

2. Las diferencias en la ráfaga de viento son fuertes con relación a las condiciones de mantenimiento de los instrumentos FUESS. En el caso de los anemógrafos FUESS en buen estado, las diferencias sistemáticas no exceden el parámetro de 1m/s. Los instrumentos FUESS dan valores mayores.
3. Con relación a los sensores de presión VÄISÄLÄ. Los transductores dan valores mayores en aproximadamente 0,5 hPa., que nuestros barómetros de mercurio. La diferencia es muy estable en el tiempo.
4. Hay cierta inconsistencia en los resultados obtenidos por la comparación de los sensores de humedad. Se deben realizar mayores esfuerzos par clarificar la razón de dicha inconsistencia.
5. En el caso de los termómetros comparados, no se encontraron diferencias significativas. Ambos sensores fueron ubicado en la misma pantalla de termómetro.

# COMPARACIONES ENTRE INSTRUMENTAL CONVENCIONAL Y AUTOMÁTICO EN LAS ESTACIONES SINÓPTICAS DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL EN MÉXICO

Leticia Gómez Mendoza

Servicio Meteorológico Nacional  
Av. Observatorio 192  
C.P. 11860, México, D.F.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad es inminente la necesidad de automatizar las redes mundiales de observación para ahorrar costos de operación de las estaciones convencionales y para expandir sus redes en aquellas áreas de interés y poco accesibles y aumentar la exactitud en la toma de los datos. Sin embargo, la aceptación de las estaciones automáticas ha tomado tiempo, básicamente porque la transición de un tipo de instrumental en otro y los cambios en los registros climatológicos de largo periodo, aún no ha sido estudiado con profundidad. Por otra parte el cambio de instrumental supone un cambio en la recepción y proceso de la información que implica a su vez el cambio de equipo de cómputo que se suma a los costos de modernización de las redes.

Tal como menciona Nadolsky (1995) el éxito de una red automática depende de la aceptación de las diferencias tanto en el funcionamiento como en los valores con respecto a las estaciones convencionales. Para lograr dicha aceptación la Organización Meteorológica Mundial recomienda que cuando los servicios meteorológicos instalan equipos nuevos en sus redes, deben realizar pruebas de compatibilidad de los equipos en el terreno. Las pruebas deben realizarse durante un periodo suficientemente largo, cuando menos en un número seleccionado de estaciones automáticas. (OMM, 1995).

A partir de 1992 el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) inició un programa de modernización de sus redes de observación de superficie. Esta modernización consistió en la instalación de 65 estaciones meteorológicas automáticas (EMAS) marca Ericsson en 65 de los 78 observatorios de la red. Siguiendo las recomendaciones de la OMM, el SMN en 1995 inició un proceso de validación de 21 EMAS (fig. 1). La oficialización de los datos de estas depende de la verificación y validación tanto de los valores en sí, como de las características de transmisión y del buen estado y funcionamiento de los sensores.

Las estaciones envían los datos generados al satélite meteorológico GOES cada tres horas con bloques de información de cada 10 minutos correspondientes a los parámetros de dirección e intensidad del viento, temperatura ambiente, temperatura del suelo, humedad relativa, presión atmosférica, precipitación pluvial y radiación solar. Las EMAS instaladas en los sitios, recolectan la información meteorológica, la almacenan en memoria y en disco. Una vez en el SMN, la información es procesada para obtener datos que puedan ser consultados por los meteorólogos como auxiliar en la elaboración de sus boletines. A mediano plazo se pretende que el instrumental automático sea la base de las mediciones en los observatorios y mantener una plantilla mínima de observadores que supervisen la estación y eventualmente transmitan datos del equipo convencional y complementar los informes sinópticos con las observaciones sensoriales.

## 2. METODOLOGÍA Y DATOS

A principios de 1995 los observatorios realizaron intercomparaciones cada dos meses durante los primeros 15 días de cada mes, anotando las diferencias horarias observadas para las variables de temperatura, humedad, presión y precipitación. Las observaciones realizadas en sitio y de manera simultánea con el instrumental convencional, nos garantizaban la eliminación de errores por transmisión al satélite.

### 3. RESULTADOS

Las comparaciones piloto se realizaron en el Observatorio Central de Tacubaya de 1992 a 1994. En las cuales se encontró que las diferencias de temperatura promedio eran de 0.2 a 0.5 °C, las diferencias de humedad oscilaban entre 1 y 5% mientras que las de presión entre 0.3 a 1.9 hPa. No obstante, las máximas diferencias registradas fueron aumentando a medida que pasaba el tiempo. Las diferencias de temperatura máximas pasaron de 0.6°C en 1992 a 1.8°C en 1994. Las diferencias de humedad pasaron de 3.5% a 10% y las de presión se mantuvieron en 1.9 hPa. Para el caso de la precipitación las diferencias encontradas para la temporada de mayo a octubre de 1995 indicaron que para precipitaciones menores a 5 mm en 24 horas las diferencias son de 1 mm como máximo y del 1.7% para precipitaciones mayores a 5 mm en 24 horas.

En la bibliografía internacional de las década de los 70, se encontró que las diferencias entre instrumental convencional y automático eran cercanas a las obtenidas en México.

Rozdestvenskii (1975) obtuvo las siguientes diferencias: temperatura: +/- 0.8°C, presión atmosférica: +/- 1 hPa, precipitación: +/- 5%. Debe hacerse notar que se utilizó un sistema automático más antiguo que el utilizado en México. Klemm (1980) al comparar dos estaciones automáticas se tuvieron los siguientes resultados: temperatura del aire: +/- 1°C y presión atmosférica/- 1hPa. Para la década de los 90 Németh, P. (1995) en Hungría los resultados que se obtuvieron fueron: las diferencias de presión fueron de 0.5 hPa, existió inconsistencia en los datos de humedad, la temperatura presentó diferencias de 0.2°C. Como se puede observar, los resultados en México fueron mayores a los reportados por otros autores durante la presente década.

El promedio nacional de las diferencias de temperatura para México, fue de 0.5 °C, las diferencias extremas fueron las de Nuevo Casas Grandes con 4.0°C y la menor, Manzanillo con 0.0°C. Se presentó una diferencia máxima extrema de 12.4°C para la estación de Colima seguido de Aguascalientes con 8.1°C y la menor diferencia máxima fue de 0.8 en Monterrey. Comparaciones independientes a las calibraciones nacionales, realizadas en el Observatorio de Tacubaya con relación a las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas en el periodo de 1993 a 1995 mostraron que las diferencias más grandes se encontraron en los meses de enero a junio (época de secas) en dicho periodo, con diferencias de -1.0 °C a -2.2°C. En los tres años, las temperaturas máximas registradas por la estación automática siempre estuvo por abajo de la convencional. En el caso de las temperaturas mínimas automáticas, éstas fueron más altas que las convencionales de enero a octubre y en los meses de noviembre y diciembre las diferencias fueron de 1.8°C, más altas que las convencionales.

El promedio de las diferencias fue de 0.9 hPa en donde la mayor diferencia promedio fue de -0.1°C en Cuernavaca y el mayor Santa Rosalia con 3.7 hPa. La diferencia máxima fue de 11.0 hPa en Piedras Negras y la mínima fue de -1.1 hPa en Felipe Carrillo Puerto.

Las diferencias promedio de humedad relativa fueron de -1% donde las diferencias extremas fueron de -41% como máxima en Felipe Carrillo Puerto y la mínima de Tepahuanes con 0 %, Campeche y Piedras Negras con 1 y -1%. La diferencia máxima fue de 78% en Nuevo Casas Grandes se debió a una descompostura del sensor.

#### 3.1 Comportamiento de las diferencias a lo largo del periodo de comparación

Las diferencias de temperatura, parecen comportarse de manera similar a lo largo de las validaciones bimestrales. La humedad se mantuvo constante durante el primer año, pero para el segundo año fue necesario realizar un ajuste a los sensores ya que las diferencias comenzaban a aumentar. Este sensor ha presentado diferencias muy altas con respecto a las normas establecidas por OMM. (Ver cuadro 1)

Con respecto a la presión esta mantiene diferencias arriba de 1hPa pero comienzan a aumentar a partir de mediados de 1995, por ello, para finales de 1995 y principios de 1996 se inició una calibración de los sensores de presión, con lo que se obtuvo una disminución notable de las diferencias.

No es posible diferenciar cambios estaciones en las diferencias de las variables estudiadas, sin embargo por experiencia en algunas estaciones se ha determinado que las diferencias de temperatura se hacen más grandes conforme se acerca la temporada de calor entre los meses de marzo y abril. Las diferencias de humedad se vuelven más marcadas en los sitios desérticos durante el verano cuando la humedad llega a ser menor de 10% y la mayoría de los sensores no registran datos menores a 12%.

Por otra parte de acuerdo a nuestra experiencia, todas las estaciones parecen tener un comportamiento

diurno que se caracteriza por presentar menores diferencias de todas las variables estudiadas en las horas nocturnas (de 20:00 a 7:00 horas locales) y las mayores diferencias se presentan en las horas del día. Por ejemplo la máxima diferencia de temperatura suele presentarse entre las 10:00 y 15:00 hrs al igual que la mayor diferencia de humedad.

A mediados de 1996 se logró determinar que algunas de las diferencias que se presentaron se debían a: a) La altura del sensor de temperatura así como su exposición a la intemperie no era la misma que los termómetros convencionales dentro de las garitas meteorológicas. En algunos casos los sensores tenían sombras que originaban b) Las diferencias en los principios de operación de los sensores de humedad, mientras que el sensor automático es un arpa de cabellos, el sensor convencional es un psicrómetro

De acuerdo a los resultados obtenidos se decidió comparar las normas de tolerancia recomendadas por la OMM con las máximas precisiones observadas en las estaciones Ericsson a lo largo de las comparaciones. La máxima precisión encontrada en los equipos Ericsson está dentro de las normas de OMM, sin embargo son pocos los casos en los que se obtiene en la práctica con las estaciones instaladas. Por ello, para fines prácticos y considerando el equipo que se utiliza para comparar, se ha determinado que cada estación no sobrepase los límites del cuadro siguiente:

Cuadro 1

VARIABLE	PRECISIÓN REQUERIDA (OMM)	PRECISIÓN REQUERIDA EN MÉXICO
Temperatura del aire	$\pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$
Temperaturas extremas (máxima y mínima)	$\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$
Presión Atmosférica	$\pm 0.1 \text{ hPa}$	$\pm 1.0 \text{ hPa}$
Precipitación	$\pm 0.1 \text{ mm para } \leq 5 \text{ mm}$ $\pm 2\% \text{ para } \geq 5 \text{ mm}$	$\pm 0.1 \text{ mm para } \leq 5 \text{ mm}$ $\pm 1.7\% \text{ para } \geq 5 \text{ mm}$
Humedad Relativa	$\pm 3\%$	$\pm 5\%$

Sin embargo, sólo 11 estaciones presentan diferencias aceptables en todas las variables: Campeche, Cuernavaca, Durango, Hermosillo, Lagos de Moreno, La Paz, Manzanillo, Mérida, Piedras Negras, Tepic y Tacubaya.

#### 4. CONCLUSIONES

Las diferencias obtenidas en la red de estaciones automáticas en México se encuentran alejadas de las que recomienda la OMM y con los resultados en otros países. Sin embargo se ha comprobado en la práctica que ni aún en la estación Tacubaya que, por encontrarse en las oficinas centrales del Servicio Meteorológico Nacional, cuenta con mantenimiento y calibración constante de sus sensores; alcanza estos valores de precisión. Todos los esfuerzos de calibración de los equipos deben ser realizados en sitio y encaminados a evitar la deriva de los valores en el tiempo, principalmente los relativos a la humedad y a la presión.

Durante el presente año, el Servicio Meteorológico Nacional tiene contemplado la reparación y remplazo de sensores automáticos de las EMAS, con ello un programa continuo de calibración que conlleve a la oficialización de estas estaciones y utilizarlas como una herramienta de consulta nacional para aquellos observatorios que no cuenten con personal observador las 24 horas del día.

#### 5. REFERENCIAS

- Nadolnik, V. 1996. Operational experiences with the automated surface observing system - ASOS International Workshop on experience with automatic weather stations on operational use within national weather services Vienna, 1995.s/p
- OMM 1995 Organización Meteorológica Mundial. (OMM), 1995. Guía del Sistema Mundial de Observación. Publicación núm.488.
- Rozdetsvenski Rozdestvenski, B. G. y V.A. Yurmanov.. 1976. Some technique problems of meteorological measurements and development of automated observational systems. WMO Technical Conference on Automated Meteorological Systems, Washington D.C. February 1975. WMO 420.p 19-21
- Klomm Klomm, S. 1975. Meteorological and Technical Problems in Operating Automatic Weather Stations (AFMS) in the Meteorological Service of the German Democratic Republic. Automated Meteorological Systems. WMO Technical Conference on Automated Meteorological Systems, Washington D.C. February 1975. WMO 420. p. 254-259
- Nemeth Németh, P. 1995. First experiences with the intercomparison of meteorological data measured by traditional instruments and sensors of AWS in Hungary. International Workshop on experience with automatic weather stations on operational use within national weather services Vienna, 1995.s/p

## ANEXO 2

### **Extractos de recomendaciones de la OMM para el uso de estaciones automáticas**

#### **2.A- DOCUMENTO TÉCNICO OMM N° 862: Parte II**

##### *La necesidad de la automatización*

La decisión de automatizar los sistemas de observación en superficie se hace usualmente como un intento de racionalizar las asignaciones de recursos y a la vez mantener o mejorar la calidad total. Los sistemas automatizados tienen un número de ventajas sobre los registros manuales convencionales, pues en general:

- son más consistentes en sus mediciones
- pueden brindar datos con una frecuencia significativamente mayor
- pueden brindar datos bajo cualquier condición del tiempo, día y noche, 365 días al año
- pueden instalarse en localidades remotas
- pueden ser más eficientes en costos que los observadores humanos
- pueden brindar observaciones más oportunas, especialmente en condiciones rápidamente cambiantes del tiempo atmosférico.

Generalmente es fácil demostrar que los sistemas automáticos pueden ser más económicos, al amortizar el costo inicial en un período de tiempo dado. La automatización de estaciones donde ya existen observaciones humanas puede permitir que esos valiosos recursos humanos se distribuyan de manera más provechosa dentro de una organización, y adicionalmente puede justificarse para extender las horas de medición hacia horas que no serían económicamente viables con las observaciones convencionales. Por otro lado, si los recursos humanos asignados a las observaciones son económicos y se considera que la calidad es suficiente, puede no haber necesidad de automatizar. Esto puede ocurrir donde se utilice personal cooperativo o cuando sólo se requieren observaciones de tiempo parcial y nunca en tiempo real...

##### *Ubicación de la estación*

Para evitar reubicaciones y ganar buenas observaciones desde un principio, es recomendable seguir criterios establecidos y documentados cuando se instalen nuevos instrumentos. Adicionalmente deben considerarse la seguridad y accesibilidad a la estación. Puede necesitarse un cercado en cuanto a la protección contra el vandalismo para evitar la costosa reposición de equipos dañados o perdidos. Al mismo tiempo, debe darse la facilidad de inspección y mantenimiento. Deben evitarse ubicaciones que se hagan inaccesibles por condiciones adversas de las vías de acceso, por restricciones impuestas por propietarios del terreno u otras dificultades físicas de acceso. Por otra parte, el criterio meteorológico para evitar la influencia de fenómenos locales es crítico para garantizar la representatividad de los datos.

##### *Formato de los datos*

Idealmente, el formato utilizado debía ser:

- flexible, de modo que puedan añadirse nuevos sensores sin tener que procesar todos los registros hacia el nuevo formato
- sencillo, de modo que se requiera sólo de programación sencilla para la decodificación
- independiente del fabricante, para permitir un fácil intercambio entre instituciones y propiciar la competitividad de costos entre los fabricantes

Puede ser necesario contar con diferentes escalas de tiempo para el registro de los datos, como por ejemplo:

- una medición por segundo, para mantenimiento y visualización en tiempo real

- una medición por minuto, para la adquisición de datos
- una o dos mediciones por hora, para monitoreo de las condiciones atmosféricas
- una medición cada tres horas, para intercambio internacional y archivado.

### *Algoritmos*

Los algoritmos usados para derivar variables meteorológicas deben estar documentados, ser significantes y ser comparables entre distintas redes. Por ejemplo, la temperatura máxima derivada de lecturas hechas cada segundo puede ser diferente a la que se derive de lecturas horarias, o ráfagas de viento basadas en lecturas hechas cada segundo serán significativamente mayores que las halladas con lecturas cada tres segundos. Las recomendaciones de la OMM deben seguirse siempre que sea apropiado.

### *Comunicaciones*

Los sistemas de comunicaciones deben ser:

- confiables
- poco costosos
- adecuados a protocolos estándar

En muchos casos la observación automática se reportará solamente a una oficina local, pero puede tener que darse consideración a la transferencia eficiente de una oficina a otra, tanto dentro de la propia institución como entre diferentes instituciones.

### *Sensores*

Son la parte más importante del sistema, pues ningún análisis de los datos puede mejorar la exactitud de la información ya recopilada. Las especificaciones del fabricante deben leerse con cuidado, pues en algunas situaciones pueden llevar a equívocos como, por ejemplo, cuando reportan tiempos de respuesta del elemento sensible mas no del circuito completo del sensor. También es factible que se omita información importante como los límites de confianza de la exactitud reportada. Existe un número de características fundamentales que conforman la exactitud y precisión del sensor:

- Resolución (apreciación): el cambio mínimo que el sensor puede detectar
- Repetibilidad: la habilidad del sensor de medir un parámetro más de una vez y producir el mismo resultado bajo condiciones idénticas.
- Tiempo de respuesta: normalmente, determina el tiempo que toma el sensor para medir el 63% del cambio ocurrido.
- Deriva: la estabilidad de la calibración del sensor en el tiempo.
- Histéresis: la habilidad del sensor de producir la misma medida bien sea que el fenómeno esté en aumento o en descenso.
- Linealidad: la desviación de la respuesta del sensor con respecto al comportamiento ideal rectilíneo.

Estos aspectos pueden tener particular importancia dependiendo del uso de los datos. Por ejemplo, para registros climatológicos de la temperatura por tiempos prolongados, es deseable un equipo con muy poca deriva; si el objetivo es medir ráfagas cortas de viento, entonces la repetibilidad y el rápido tiempo de respuesta pueden ser los criterios de mayor importancia.

Otro factor a considerar es la robustez del sensor, que debe estar bien diseñado y construido, garantizar la hermeticidad de los alojamientos de la electrónica y soportar los extremos de la variabilidad climática. El reemplazo frecuente de sensores ligeros o poco duraderos puede implicar costos mucho mayores que la adquisición inicial de equipos más confiables.

La utilidad de los datos obtenidos depende en gran medida de la calibración del sensor... La manera más fácil de asegurar una calibración confiable es comprando los equipos a un proveedor certificado. El otro modo es tomándose el tiempo para establecer con el fabricante el origen de los patrones utilizados por él... Es importante que un programa regular de mantenimiento verifique periódicamente la calibración de cada sensor. El conocimiento de los requerimientos de mantenimiento, previo a la adquisición de los

equipos, puede ser de gran importancia en la decisión al confrontarlos con la disponibilidad de recursos que se tenga estipulada para ello...

### *Mantenimiento*

Debe poder realizarse sin afectar el registro climatológico. Por ejemplo, los sensores de temperatura y humedad deben poder inhabilitarse mientras su protector es lavado. Muchos sistemas baratos no permiten ajustes en campo y por ello deben ser retirados para las calibraciones periódicas... En general, mientras más bajo es el costo inicial, mayor es el costo subsecuente de mantener datos aceptables. Al final, esto puede resultar en mayores costos totales o en largos períodos sin datos de utilidad.

### *Documentación*

Un área frecuentemente desatendida en las redes de observación es la documentación adecuada de los equipos y sus emplazamientos (metadato). Muchos años de registros han resultado inútiles en investigaciones climatológicas dada la falta de metadata que muestre cambios en la instrumentación de la estación o en su entorno inmediato. La ubicación inicial de la estación debe documentarse con mapas y fotografías, y todas las inspecciones y visitas de mantenimiento deben documentarse para registrar cambios o errores detectados en los instrumentos.

### *Estudios de comparación*

Desde la perspectiva climatológica, es crítico realizar una comparación para determinar cómo los registros climatológicos pueden verse afectados por el cambio de instrumentación que ocurre con la implementación de nuevos sistemas automáticos. Debe considerarse no sólo el cambio en los instrumentos, sino también en la ubicación de los mismos. Una vez que se ha determinado el sesgo debido a estos dos aspectos, éste puede ser incluido en los registros climatológicos de la estación en particular. El sesgo instrumental puede determinarse de un muestreo de estaciones climatológicamente diversas y ser aplicado a todas las estaciones. El sesgo por la ubicación será más difícil de juzgar y requerirá cierta consideración. En algunos casos, como en grandes redes, puede no ser factible un estudio comparativo en cada estación. Un muestreo representativo de estaciones puede ser utilizado para estimar el efecto de la nueva instrumentación siempre que las estaciones sean climatológicamente diversas.

Para apoyar los registros climatológicos y mantener la continuidad de la data, se recomienda que se use un período de al menos un año y preferiblemente dos años para comparar los instrumentos automáticos con los convencionales a ser reemplazados, específicamente viento, temperatura y precipitación.

### *Control de calidad*

Puede considerarse en dos niveles:

- Nivel del sistema: deben estar presentes en el sistema ciertos algoritmos de auto-diagnóstico. Cuando ocurran errores en los datos, fallas en los componentes o degradación en el sistema, éste debe tomar acción automáticamente para marcar la observación como sospechosa...
- Nivel del usuario: involucra el monitoreo de todos los sistemas automáticos en el área de responsabilidad de la institución... Cualquier problema detectado, bien sea marcado por el sistema o identificado por el personal, debe ser prontamente reportado al personal de mantenimiento.

### *Archivos*

Deberá sopesarse entre la alta resolución temporal y el gran volumen de información que ésta puede generar. En cuanto a la decisión del medio de resguardo, debe considerarse la facilidad en el control de calidad y en la recuperación, tanto en copia dura de los registros como en medios electrónicos...

**RECOMENDACIÓN 3 (CIMO XII)**

**INTRODUCCIÓN DE NUEVOS INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS**

**LA COMISIÓN DE INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE OBSERVACIÓN,**

**TENIENDO EN CUENTA** la introducción de nuevos instrumentos meteorológicos, especialmente de estaciones meteorológicas automáticas;

**CONSIDERANDO:**

1. los efectos de la nueva tecnología en las mediciones climatológicas;
2. que posiblemente falte homogeneidad en el cálculo de las series cronológicas cuando se ponen en servicio estaciones meteorológicas automáticas;
3. las diferencias de emplazamiento (por ejemplo, establecimiento y exposición) de los antiguos instrumentos y el emplazamiento de los nuevos instrumentos de estaciones meteorológicas automáticas;

**INSTA** a los Miembros a que:

1. establezcan períodos en los que se harían simultáneamente mediciones comparables mediante instrumentos clásicos y nuevos instrumentos automáticos;
2. se aseguren de que se dispone de la documentación adecuada sobre las diferencias entre el antiguo y el nuevo emplazamiento, así como sobre las modificaciones introducidas en los instrumentos (metadatos);
3. consideren las necesidades concretas de los servicios climatológicos nacionales y las recomendaciones de la Comisión de Climatología (CCI) de la OMM, según proceda, para asegurarse de que se conocen debidamente y se comprenden los efectos que tiene la puesta en servicio de las estaciones meteorológicas automáticas sobre la climatología.

## ANEXO 3

### **Definiciones de parámetros de calidad de datos según la OMM**

#### **WMO N° 8: Guía sobre instrumentos meteorológicos y métodos de observación (5ª edición)**

#### **1.7 Exactitud de las mediciones**

Los términos principales relativos a la exactitud de las mediciones se definen a continuación:

*Medición:* Una acción tendiente a asignar un número como el valor de una cantidad física en unidades determinadas.

NOTA: Ningún resultado de una medición está completo a menos que incluya un estimado (necesariamente en términos estadísticos) de la magnitud probable de la incertidumbre.

*Medición de referencia:* Una medición que utiliza el estado más avanzado de la ciencia y las últimas tecnologías. El resultado se usa para hacer la mejor aproximación al valor verdadero.

*Valor verdadero:* El valor que se asume caracteriza una cantidad en las condiciones existentes al momento de que la cantidad es observada (o es sujeto de una determinación). Es un valor ideal que podría conocerse sólo si todas las causas de error fuesen eliminadas.

*Corrección:* El valor a ser añadido al resultado de una medición para compensar los errores conocidos y así obtener una aproximación más cercana al valor verdadero.

*Exactitud:* El grado al cual una medición concuerda con el valor verdadero. Esto asume que todas las correcciones conocidas han sido aplicadas.

NOTA: La expresión cuantitativa de este concepto debe ser en términos de incertidumbre.

*Incertidumbre:* El intervalo dentro del cual puede esperarse que se encuentre el valor verdadero de una cantidad con una probabilidad dada.

*Precisión:* La cercanía de concordancia entre mediciones independientes de una misma cantidad obtenidas al aplicar repetidas veces un procedimiento dado de medición bajo condiciones prescritas.

NOTA: La exactitud tiene que ver con la cercanía a la verdad; la precisión tiene que ver sólo con la cercanía entre mediciones.

*Reproducibilidad:* La cercanía de concordancia entre mediciones del mismo valor de una cantidad obtenidas bajo diferentes condiciones, por ejemplo, diferentes observadores, diferentes instrumentos, diferentes ubicaciones, y tras intervalos suficientemente largos como para que se desarrollen diferencias erróneas.

**Resolución:** El menor cambio en una variable física que causará una variación en la respuesta de un sistema de medición.

**Error de paralaje:** El error causado cuando el índice de un instrumento está a cierta distancia de su escala y la línea visual del observador no es perpendicular a dicha escala.

**Error:** La diferencia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de la cantidad medida.

NOTA: Este término también se utiliza para la diferencia entre el resultado de una medición y la mejor aproximación al valor verdadero (en lugar del valor verdadero en si). La mejor aproximación puede ser un promedio de varias de muchas mediciones.

**Error sistemático:** Aquella parte del error que bien puede:

- (a) Permanecer constante en el curso de un número de mediciones del mismo valor de una cantidad dada; o
- (b) Variar de acuerdo a una ley definida cuando cambian las condiciones.

**Error aleatorio:** aquella parte del error que varía de manera impredecible tanto en magnitud como en su signo cuando se hacen mediciones del mismo valor de una cantidad dada bajo las mismas condiciones.

NOTAS: 1. La magnitud de estas variaciones puede cambiar de acuerdo a una ley definida cuando cambian las condiciones.

- 2. Cuando cada error aleatorio es la suma de varias contribuciones independientes, un grupo de errores aleatorios puede tener una distribución en la cual los pequeños errores aleatorios ocurren frecuentemente y los grandes errores aleatorios ocurren sólo ocasionalmente. En esta situación la clásica distribución "normal" (a veces referida como "Gaussiana") es a menudo una buena aproximación y puede utilizarse para estimar la ocurrencia probable de errores aleatorios dentro de límites establecidos.

**Errores espurios y "externos":** La distribución de errores puede ser casi "normal"; puede incluir valores sabidos ciertamente como errores (debidos a equivocaciones humanas o fallas de instrumento). Éstos se llaman usualmente errores espurios y es legítimo descartarlos. Una distribución casi "normal" a menudo presenta unos pocos y aislados valores muy grandes, conocidos como externos. Algunos de estos también pueden ser identificados como errores espurios. Los externos restantes no deben ser ignorados puesto que más casos pueden darse. De este modo, cualquier estimación futura de errores probables debe basarse en la distribución general hallada, y debe establecer la ocurrencia casual de externos, reconociendo que pueden ocurrir nuevos errores espurios.

**Repetibilidad:** La cercanía de concordancia, cuando existen errores aleatorios, entre mediciones del mismo valor de una cantidad obtenidas bajo las mismas condiciones, (mismo observador, mismo instrumento, misma ubicación y tras un intervalo tan corto como para que no se desarrollen diferencias reales.

**Tiempo de respuesta:** El tiempo que transcurre, luego de un cambio discreto en la cantidad que está siendo medida, para que la lectura muestre una proporción establecida del cambio discreto aplicado, usualmente el 90 ó 95 por ciento.

**Error de retraso (lag):** El error debido al tiempo de respuesta del instrumento de observación.

## ANEXO 4

### Ficha de la estación climatológica U.C.V.

#### FICHA DE ESTACION METEOROLÓGICA

ESTACIÓN U.C.V. TIPO Climatológica  
SERIAL 0539 CÓDIGO \_\_\_\_\_  
LATITUD 10°29'41" N LONGITUD 66°53'12" W  
ALTITUD 884,69 (m.s.n.m.)

FICHA ELABORADA POR Leonardo Matos FECHA julio/1997  
REVISADA POR \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

#### DATOS DE LA ESTACIÓN

1. NOMBRE U.C.V.
2. CÓDIGO \_\_\_\_\_
3. SERIAL 0539
4. TIPO DE REGISTRO  
CONVENCIONAL X  
SEMI-AUTOMÁTICO \_\_\_\_\_  
AUTOMÁTICO \_\_\_\_\_
5. FECHA DE INSTALACIÓN 1971
6. FECHA DE ELIMINACIÓN \_\_\_\_\_
7. INSTALADA POR Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica
8. PROPIEDAD DE Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica
9. OPERADA POR Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica
10. OBJETO DE LA INSTALACIÓN: RED BÁSICA \_\_\_\_\_ RED ESPECIAL \_\_\_\_\_
11. OBJETIVO DE LA RED \_\_\_\_\_

12. TIEMPO DE OPERACIÓN DE LA RED \_\_\_\_\_

13. HISTORIA DE LA ESTACIÓN \_\_\_\_\_ Registros de precipitación desde 1965, continúan con  
\_\_\_\_\_ registros pluviométricos desde 1946 del puesto de la Facultad de Ingeniería  
\_\_\_\_\_ (edificio CPD) \_\_\_\_\_

14. PROGRAMA DE OBSERVACIONES \_\_\_\_\_ una (1) observación diaria a las 08:00 HLV  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

15. FRECUENCIA DE INSPECCIONES \_\_\_\_\_

### LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

1. ESTADO \_\_\_\_\_ 2. DISTRITO \_\_\_\_\_ Federal \_\_\_\_\_

3. MUNICIPIO \_\_\_\_\_ Libertador \_\_\_\_\_

4. LONGITUD 66°53'12" W 5. LAT. 10°29'41" N 6. ALT. 884.69 (msnm)

7. HOYA \_\_\_\_\_ Mar Caribe \_\_\_\_\_

8. CUENCA \_\_\_\_\_ Río Tuy \_\_\_\_\_

9. SUBCUENCA Río Guaire \_\_\_\_\_

10. MÉTODO DE CÁLCULO DE COORDENADAS \_\_\_\_\_ Punto Topográfico \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

11. CALCULADAS POR \_\_\_\_\_ Cartografía Nacional \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ 2 de mayo 1996 \_\_\_\_\_

12. MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE ALTITUD \_\_\_\_\_ - Punto Topográfico \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

13. DETERMINADA POR \_\_\_\_\_ Cartografía Nacional \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ 2 de mayo 1996 \_\_\_\_\_

14. EMPLAZAMIENTO Y ALREDEDORES \_\_\_\_\_ sede del Dpto. de Ingeniería Hidrometeorológica, sobre  
\_\_\_\_\_ Gimnasio cubierto U.C.V. y la Casa Ibarra \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

15. ACCESO A LA ESTACIÓN

Calle pavimentada y caminería internas U.C.V.

16. CROQUIS DE ACCESO A LA ESTACIÓN



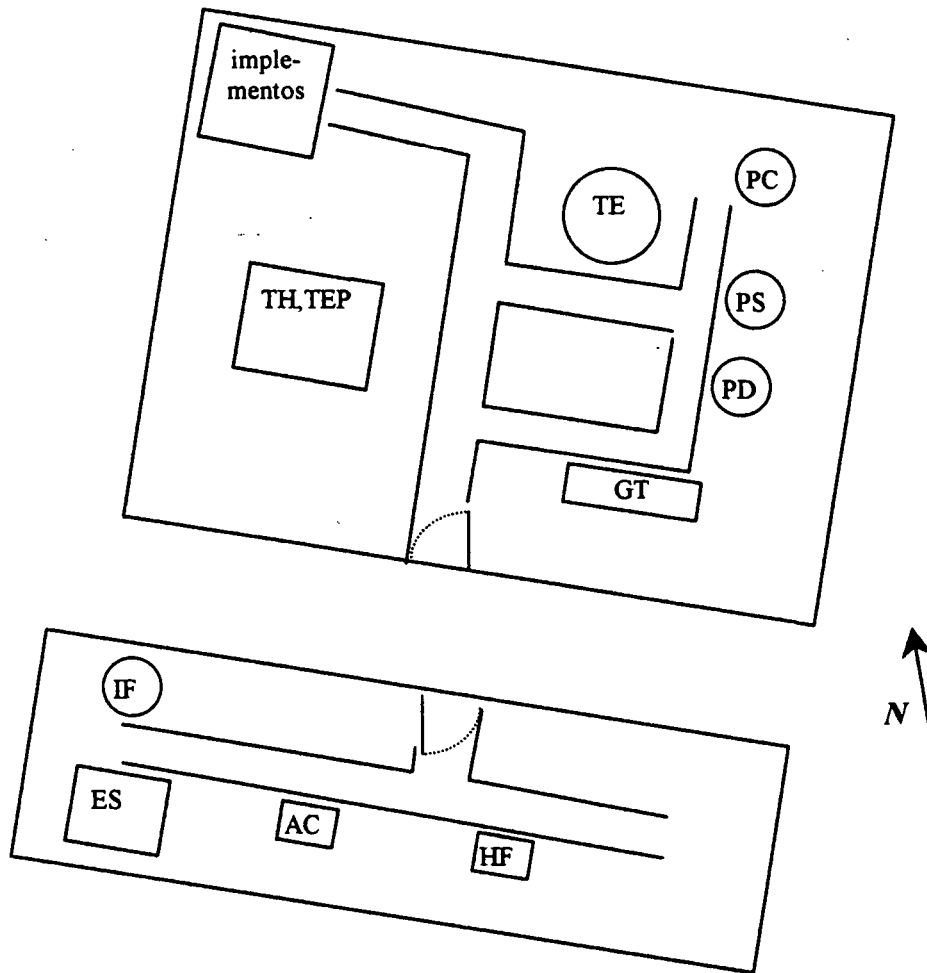
APARATOS E INSTRUMENTAL DE LA ESTACIÓN

APARATO/INSTRUMENTO	MARCA	SERIAL	ALTURA (m) SOBRE EL SUELO	REGISTRO
Pluviógrafo de Balancín	SIAP	5297	1,80	Semanal
Termohigrógrafo	Oceanmet/SIAP	191369	2,00	Semanal
Actinógrafo	Kahlsico	290844	1,80	Diario/Semanal
Anemocinemógrafo	Fuess	F5064	10,00	Diario
Psicrómetro	Fuess	08-34370	2,00	Observ. diaria
Tina Evaporimétrica			0,25	Observ. diaria
Geotermómetros				

# CROQUIS DE LA ESTACIÓN / UBICACIÓN DE INSTRUMENTAL

## LEYENDA

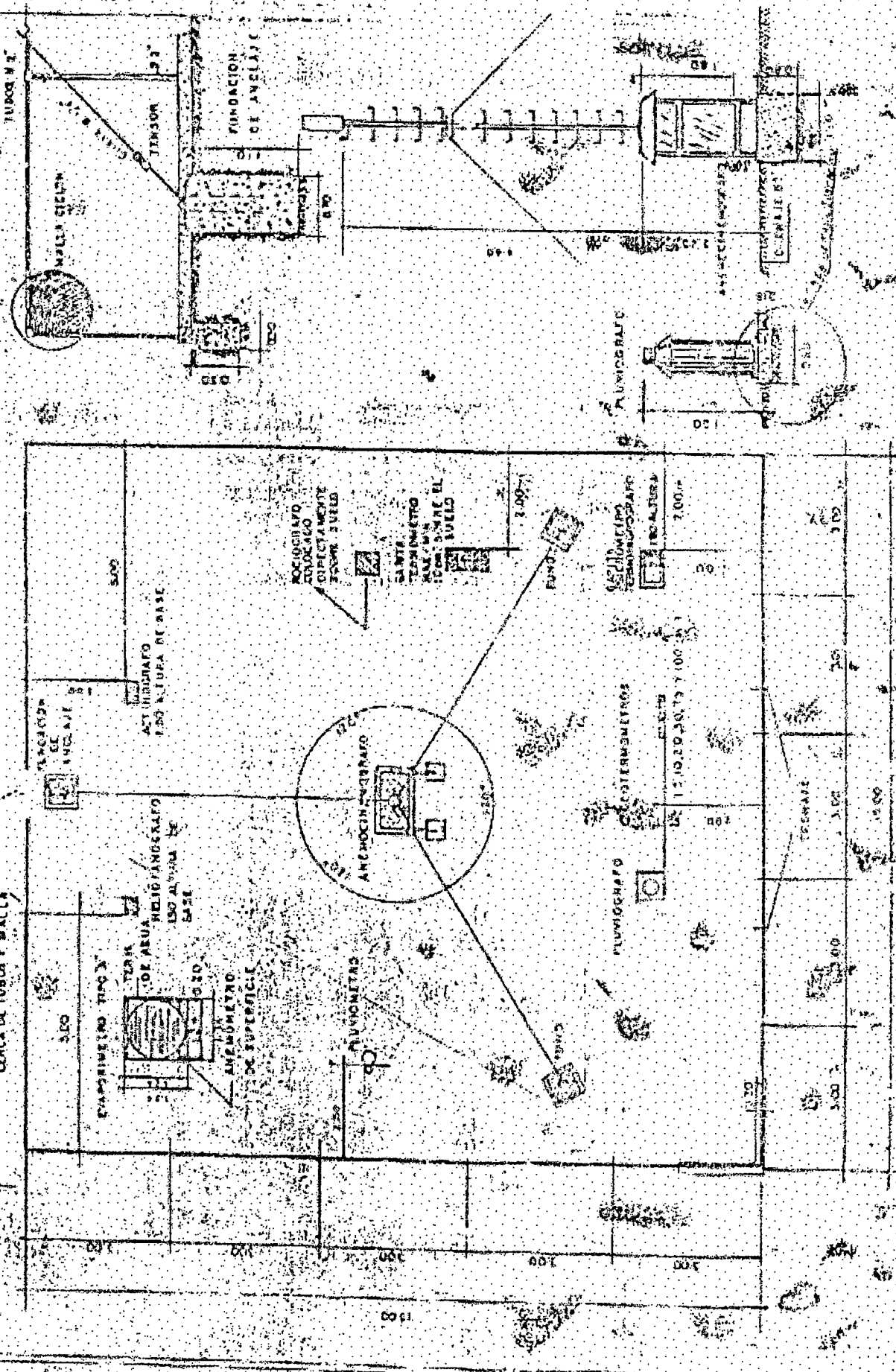
- |                     |  |                            |                            |
|---------------------|--|----------------------------|----------------------------|
| AC: actinógrafo     | AN: anemocinemógrafo                   | GT: geotermómetros         |                            |
| HF: heliofanógrafo  | PB: pluviógrafo de balancin            | PS: pluviógrafo de sifón   | PC: pluviómetro de cántaro |
| TH: termohigrógrafo | TE: tina de evaporación con anemómetro | ES: evaporímetro de sombra |                            |
| TEP: psicrómetro    | IF: infiltrómetro                      |                            |                            |



# ANEXO 5: Distribución recomendable de instrumentos en la estación meteorológica

DETALLE

PLANTA



ESTACION METEOROLOGICA

MUÑO 01

## **ANEXO 6.A**

### **Evaluación preliminar de calibración del termohigrógrafo**

Se realizó una serie de mediciones de temperatura con el termómetro de mercurio, para ser cotejadas con los registros de temperatura del termohigrógrafo:

<b>Hora</b>	<b>Termómetro de mercurio (° C)</b>	<b>Termohigrógrafo (° C)</b>	<b>Diferencia (° C)</b>
09:45	23,4	23,5	-0,1
10:05	24,2	24,2	0,0
10:30	24,2	24,4	-0,2
11:00	24,8	24,9	-0,1
11:30	26,5	26,5	0,0
12:00	26,4	26,5	-0,1
13:00	28,1	28,2	-0,1
13:30	28,6	28,5	0,1
14:00	28,6	28,6	0,0
18:35	21,6	22,0	-0,4
20:00	19,5	19,5	0,0
21:25	19,4	19,5	-0,1
22:00	19,5	19,5	0,0
06:25	19,1	19,1	0,0
06:45	19,2	19,2	0,0
07:15	19,8	19,8	0,0
07:25	19,9	20,0	-0,1
07:40	20,1	20,1	0,0
08:05	21,0	20,9	0,1
08:30	22,0	-22,0	0,0
08:55	23,5	23,5	0,0
09:20	24,0	24,0	0,0
09:45	25,0	25,0	0,0
10:05	25,9	25,9	0,0
11:30	27,0	27,0	0,0

Diferencia promedio: **- 0.04° C**

## **ANEXO 6.B**

### **Ensayos preliminares de calibración del pluviómetro electrónico**

Se realizó un ensayo consistente de vaciados de volúmenes conocidos de agua a intensidades variables en el pluviómetro SEBA RG-50/143, para ser cotejados con las alturas de precipitación registradas por el mismo. El mismo se basa en la igualdad del área de recolección de este sensor y la del pluviómetro de cántaro, cuya probeta se utilizó para medir los volúmenes vaciados. El proceso de vaciado se llevó a cabo instalando sobre el área recolectora del sensor un recipiente plástico, provisto de una pequeña perforación en el fondo a través de la cual el agua fluye por goteo. La variación en la tasa de flujo se logró cambiando el tamaño de la perforación. La intensidad promedio para cada ensayo se calculó con la altura de agua vaciada y el tiempo transcurrido para el vaciado total de la misma:

<b>Duración del ensayo (min)</b>	<b>Altura vaciada (mm)</b>	<b>Intensidad prom. (mm/h)</b>	<b>Altura registrada (mm)</b>	<b>Diferencia (mm)</b>	<b>Diferencia (%)</b>
130	10,0	4,6	7,8	- 2,2	- 22,0
20	10,0	30,0	7,3	- 2,7	- 27,0
30	15,0	30,0	11,2	- 3,8	- 25,3
55	15,0	16,4	14,1	- 0,9	- 6,0
5	5,5	66,0	4,8	- 0,7	- 12,7
4	5,2	78,0	3,4	- 1,8	- 34,6
1	5,6	336,0	3,6	- 2,0	- 35,7

## ANEXO 6.C

### **Evaluación preliminar de calibración del sensor electrónico radiación solar total**

Se tomaron mediciones simultáneas con el sensor SEBA y con un sensor Eppley de mayor precisión en un rango de 200 a 1200 W/m<sup>2</sup>. El factor de medición del radiómetro Eppley tomado del informe de calibración del fabricante es de  $8 \cdot 10^{-6}$  V/(W/m<sup>2</sup>). La salida eléctrica de ese sensor fue medida con un multímetro de precisión Hewlett-Packard modelo 3468 A.

Radiómetro EPPLEY PSP		Radiómetro SEBA 8101	Diferencia	Diferencia porcentual (según PSP)
valores en mV	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>		
1,90	238	249	-12	-4,98
1,92	240	241	-1	-0,42
2,00	250	251	-1	-0,27
2,17	271	265	6	2,14
2,20	275	354	-79	-28,61
2,39	299	295	4	1,37
2,43	304	298	5	1,78
2,50	312	306	6	1,82
2,53	316	305	11	3,56
2,55	319	361	-42	-13,15
2,60	325	341	-16	-4,92
2,64	330	398	-68	-20,71
2,70	338	320	17	5,09
2,90	363	369	-6	-1,70
2,94	368	467	-100	-27,08
3,01	376	478	-101	-26,95
3,03	379	294	84	22,29
3,25	406	350	57	13,93
3,68	460	400	60	13,04
5,88	735	1031	-296	-40,27
8,18	1023	972	51	4,94
8,20	1025	942	83	8,10
8,22	1028	970	58	5,60
8,26	1033	724	309	29,91
8,37	1046	968	78	7,45
8,46	1057	986	72	6,77
8,59	1074	1049	25	2,31
8,90	1113	983	129	11,61
9,42	1178	1004	173	14,71
9,80	1225	1113	112	9,17
<b>Diferencias promedio:</b>			<b>21</b>	<b>-0,12</b>

Radiómetro  
 PLEY  
 30 mV  
 Centro de  
 del fa  
 00 a 1  
 ones si  
 nar de

**ANEXO 7**

**Archivo de salida de datos del programa PCLogger**

**DATOS DE LA ESTACION**

NEmero : 0539                                      Nombre: UCV  
 Lapso : 29/03/2000 16:53:15 AI 1/04/2000 18:13:15  
 Registro: Temporiz.                              Interv. : 0:05:00

FECHA	HORA	AN_1 RAD3mV [W/m2]	AN_2 ACS161 [mm]	AN_3 TEMPUCV [§C]	AN_4 HUMTEX [%]	AN_5 VAISALA [m/s]	AN_6 DIR3.6 [ø]	AN_7 LM35 [øC]	AN_8 BATP [VXdc]	AC_8 TB.1mm [mm]
29/03/2000	16:53:15	112.000	403.200	26.000	56.000	0.000		216.000	28.800	12.200 0.00
29/03/2000	16:58:15	122.667	403.200	26.000	56.000	0.329		96.000	28.800	12.328 0.00
29/03/2000	17:03:15	85.333	403.200	26.000	57.600	0.000		200.000	28.800	12.328 0.00
29/03/2000	17:08:15	74.667	403.200	26.000	57.600	0.986		59.200	28.800	12.520 0.00
29/03/2000	17:13:15	48.000	403.200	24.400	57.600	0.767		16.000	28.800	12.392 0.00
29/03/2000	17:18:15	42.667	403.200	24.400	57.600	0.548		281.600	27.200	12.392 0.00
29/03/2000	17:23:15	42.667	403.200	24.400	57.600	0.877		321.600	27.200	12.456 0.00
29/03/2000	17:28:15	42.667	403.200	24.400	57.600	0.000		120.000	27.200	12.456 0.00
29/03/2000	17:33:15	42.667	403.200	24.400	57.600		1.534	356.800	27.200	12.392 0.00
29/03/2000	17:38:15	42.667	403.200	24.400	57.600	0.877		0.000	27.200	12.456 0.00
29/03/2000	17:43:15	53.333	403.200	24.400	57.600	0.219		307.200	27.200	12.392 0.00
29/03/2000	17:48:15	69.333	403.200	24.400	57.600	0.000		240.000	27.200	12.456 0.00
29/03/2000	17:53:15	42.667	403.200	24.400	57.600	0.000		100.800	27.200	12.520 0.00
29/03/2000	17:58:15	32.000	403.200	24.400	56.000		1.096	27.200	27.200	12.392 0.00
29/03/2000	18:03:15	21.333	403.200	24.400	57.600	0.658		321.600	25.600	12.456 0.00
29/03/2000	18:08:15	21.333	403.200	24.400	57.600	0.438		276.800	25.600	12.584 0.00
29/03/2000	18:13:15	21.333	403.200	24.400	57.600	0.767		262.400	25.600	12.392 0.00
29/03/2000	18:18:15	16.000	403.200	24.400	59.200	0.110		286.400	25.600	12.392 0.00
29/03/2000	18:23:15	16.000	403.200	24.400	57.600	0.219		273.600	25.600	12.392 0.00
29/03/2000	18:28:15	10.667	403.200	24.400	57.600	0.438		321.600	25.600	12.456 0.00
29/03/2000	18:33:15	5.333	403.200	24.400	60.800	0.986		324.800	25.600	12.392 0.00
29/03/2000	18:38:15	0.000	403.200	24.400	64.000	0.110		129.600	25.600	12.456 0.00
29/03/2000	18:43:15	0.000	403.200	22.800	64.000		1.315	65.600	25.600	12.456 0.00
29/03/2000	18:48:15	0.000	403.200	22.800	65.600	0.877		329.600	25.600	12.456 0.00
29/03/2000	18:53:15	0.000	403.200	22.800	65.600	0.000		102.400	24.000	12.456 0.00
29/03/2000	18:58:15	0.000	403.200	22.800	65.600	0.000		291.200	24.000	12.584 0.00

## ANEXO 8

### Subrutinas macro para el programa de hojas de cálculo

#### Sub signodec()

' Macro para cambiar el signo decimal punto (.) por coma (,)

' Macro grabada el 21/11/1999 por Leonardo Matos

```
''
Cells.Find(What:="", After:=ActiveCell, LookIn:=xlValues, LookAt:=xlPart,
SearchOrder:=xlByRows, SearchDirection:=xlNext, MatchCase:=False).Activate
Cells.FindNext(After:=ActiveCell).Activate
Cells.FindNext(After:=ActiveCell).Activate
Cells.FindNext(After:=ActiveCell).Activate
Cells.FindNext(After:=ActiveCell).Activate
Cells.Replace What:="", Replacement:=",", LookAt:=xlPart, SearchOrder _
:=xlByRows, MatchCase:=False
End Sub
```

#### Sub sustit\_9()

' Macro para sustituir los valores importados de PRN con formato inadecuado.

' Macro grabada el 21/11/1999 por Leonardo Matos

' Debe haber un total de 9 columnas con valores (canales) precedidos de dos columnas con la  
' fecha en primer lugar y la hora en segundo lugar.

' K12 es la celda ubicada a la derecha del encabezado de la última columna de sensores, en la  
' fila más baja del encabezado.

```
Range("K12").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
"COPIAS DE LOS VALORES PARA SU TRANSFORMACIÓN A ORDEN CORRECTO (9
CANALES)"
Range("K12").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(ABS(RC[-8])>=1000),RC[-8]/1000,RC[-8])"
Range("K12").Select
Selection.Copy
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1:H1").Select
ActiveSheet.Paste
ActiveCell.Offset(0, -1).Range("A1:I1").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1:I2598").Select
ActiveSheet.Paste
ActiveCell.Offset(-1, -8).Range("A1").Select
ActiveCell.Offset(0, 9).Range("A1").Select
ActiveCell.Range("A1:I51").Select
Selection.Copy
ActiveWindow.ScrollRow = 1
ActiveCell.Offset(0, -9).Range("A1").Select
```

```

Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
With Selection
    .HorizontalAlignment = xlCenter
    .VerticalAlignment = xlBottom
    .WrapText = False
    .Orientation = 0
    .ShrinkToFit = False
    .MergeCells = False
End With
Selection.NumberFormat = "0.000"
ActiveCell.Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=47
ActiveCell.Offset(51, 0).Range("A1").Select
End Sub

```

### **Sub hora\_5m()**

```

' Macro para calcular promedios horarios a partir de valores medidos cada 5 minutos
' Macro grabada el 28/12/1999 por Leonardo Matos

```

```

' La columna de valores debe estar precedida por dos columnas, con las fechas en la primera
' columna y las horas en la segunda columna. Todas las columnas a la derecha de los valores
' deben estar vacías.

```

```

' La celda activa inicialmente debe ser la que contiene el primer valor de la serie. Se generarán
' 24 promedios horarios, cada uno con 6 celdas a su derecha con las fechas y horas límites.

```

```

For i = 1 To 24
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=AVERAGE(RC[-1]:R[11]C[-1])"
    ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "De:"
    With Selection
        .HorizontalAlignment = xlRight
    End With
    ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -5).Range("A1:B1").Select
    Selection.Copy
    ActiveCell.Offset(0, 5).Range("A1:B1").Select
    ActiveSheet.Paste
    ActiveCell.Offset(0, 2).Range("A1").Select
    Application.CutCopyMode = False
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "a:"
    ActiveCell.Offset(0, 0).Range("A1").Select
    With Selection
        .HorizontalAlignment = xlRight
    End With
    ActiveCell.Offset(11, -7).Range("A1:B1").Select
    Selection.Copy
    ActiveCell.Offset(-11, 8).Range("A1:B1").Select
    ActiveSheet.Paste
    ActiveCell.Offset(12, -5).Range("A1").Select
Next i
End Sub

```

**Sub agru\_hor\_5m()**

' Macro para agrupar los promedios horarios generados de 12 valores  
' Macro grabada el 28/12/1999 por Leonardo Matos

' La celda activa inicial debe ser la del primer promedio.

For i = 1 To 24

    ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1:G11").Select

    Selection.Delete Shift:=xlUp

    ActiveCell.Select

Next i

**End Sub**

## ANEXO 9.A

**Series de datos de Precipitación Diaria (EMA y ECC) en formato de hojas de cálculo**  
**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**      **DATOS DE LA ESTACIÓN**  
**Dpto. de Ingeniería Hidrometeorológica**      **Número: 0539**  
      **Nombre: U.C.V.**

### SERIE DE PRECIPITACIÓN

**OCTUBRE 1999 - JUNIO 2000**

<u>Estación automática</u>		<u>Estación convencional</u>	
Fecha	Acumulados diarios (mm)	Acumulados diarios (mm)	(Interpretados de bandas) Fecha
01/10/1999	3,000	4,1	01/10/1999
02/10/1999	0,100	0,0	02/10/1999
03/10/1999	0,000	0,0	03/10/1999
08/10/1999	0,000	0,0	08/10/1999
09/10/1999	10,800	11,9	09/10/1999
10/10/1999	1,600	2,2	10/10/1999
11/11/1999	0,000	0,0	11/11/1999
13/10/1999	1,400	2,2	13/11/1999
15/10/1999	0,500	0,5	15/10/1999
16/10/1999	0,000	0,0	16/10/1999
17/10/1999	9,700	12,5	17/10/1999
18/10/1999	30,800	34,0	18/10/1999
27/10/1999	0,700	1,0	27/10/1999
28/10/1999	0,400	0,4	28/10/1999
29/10/1999	0,000	0,0	29/10/1999
30/10/1999	0,000	0,0	30/10/1999
08/11/1999	1,100	1,2	08/11/1999
09/11/1999	0,000	0,0	09/11/1999
10/11/1999	0,000	0,0	10/11/1999
11/11/1999	0,300	0,4	11/11/1999
12/11/1999	0,000	0,0	12/11/1999
13/11/1999	0,000	0,0	13/11/1999
14/11/1999	0,200	0,0	14/11/1999
15/11/1999	0,000	0,0	15/11/1999
16/11/1999	2,900	3,8	16/11/1999
17/11/1999	6,400	7,2	17/11/1999
18/11/1999	0,000	0,0	18/11/1999
19/11/1999	0,100	0,0	19/11/1999
20/11/1999	4,000	4,0	20/11/1999
21/11/1999	1,200	1,2	21/11/1999
25/11/1999	3,300	3,3	25/11/1999
26/11/1999	2,100	2,0	26/11/1999
27/11/1999	5,300	6,9	27/11/1999
28/11/1999	14,100	16,2	28/11/1999
29/11/1999	1,900	2,0	29/11/1999
30/11/1999	0,000	0,2	30/11/1999
01/12/1999	0,000	0,0	01/12/1999
04/12/1999	0,000	0,0	04/12/1999
05/12/1999	5,100	5,4	05/12/1999
07/12/1999	1,800	2,2	07/12/1999
08/12/1999	11,500	14,5	08/12/1999

SERIE DE PRECIPITACIÓN

OCTUBRE 1999 - JUNIO 2000

Estación automática

Fecha	Acumulados diarios (mm)
09/12/1999	5,50
23/03/2000	3,10
24/03/2000	2,10
25/03/2000	6,40
26/03/2000	13,60
09/06/2000	12,70
10/06/2000	0,00
11/06/2000	0,40
12/06/2000	0,00
13/06/2000	1,00
14/06/2000	0,00
15/06/2000	7,30

Estación convencional

Acumulados diarios (mm)	(Interpretados de bandas) Fecha
5,5	09/12/1999
4,6	23/03/2000
2,9	24/03/2000
7,1	25/03/2000
18,8	26/03/2000
15,7	09/06/2000
0,0	10/06/2000
0,4	11/06/2000
0,0	12/06/2000
1,1	13/06/2000
0,0	14/06/2000
8,6	15/06/2000

**ANEXO 9.D****Cálculos de diferencias para series de datos de Precipitación (EMA - ECC)**

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**Dpto. de Ingeniería Hidrometeorológica**

**DATOS DE LA ESTACIÓN**  
 Número: **0539**  
 Nombre: **U.C.V.**

**SERIE DE PRECIPITACIÓN****OCTUBRE 1999 - JUNIO 2000****Comparación de registros de EMA y Estación convencional**

Fecha	Diferencia EMA - Conv. (mm.)	Valor Absoluto de Dif.	Diferencia porcentual según ECC	Valor Absoluto dif. porc.
01/10/1999	-1,1	1,1	-26,83	26,83
02/10/1999	0,1	0,1	—	—
03/10/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
08/10/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
09/10/1999	-1,1	1,1	-9,24	9,24
10/10/1999	-0,6	0,6	-27,27	27,27
11/11/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
13/11/1999	-0,8	0,8	-36,36	36,36
15/10/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
16/10/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
17/10/1999	-2,8	2,8	-22,40	22,40
18/10/1999	-3,2	3,2	-9,41	9,41
27/10/1999	-0,3	0,3	-30,00	30,00
28/10/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
29/10/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
30/10/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
08/11/1999	-0,1	0,1	-8,33	8,33
09/11/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
10/11/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
11/11/1999	-0,1	0,1	-25,00	25,00
12/11/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
13/11/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
14/11/1999	0,2	0,2	—	—
15/11/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
16/11/1999	-0,9	0,9	-23,68	23,68
17/11/1999	-0,8	0,8	-11,11	11,11
18/11/1999	0,0	0,0	0,00	-0,00
19/11/1999	0,1	0,1	—	—
20/11/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
21/11/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
25/11/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
26/11/1999	0,1	0,1	5,00	5,00
27/11/1999	-1,6	1,6	-23,19	23,19
28/11/1999	-2,1	2,1	-12,96	12,96
29/11/1999	-0,1	0,1	-5,00	5,00
30/11/1999	-0,2	0,2	-100,00	100,00
01/12/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
04/12/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
05/12/1999	-0,3	0,3	-5,56	5,56
07/12/1999	-0,4	0,4	-18,18	18,18
08/12/1999	-3,0	3,0	-20,69	20,69

SERIE DE PRECIPITACIÓN

OCTUBRE 1999 - JUNIO 2000

Comparación de registros de EMA y Estación convencional

Fecha	Diferencia EMA - Conv. (mm.)	Valor Absoluto de Dif.	Diferencia porcentual según ECC	Valor Absoluto dif. porc.
09/12/1999	0,0	0,0	0,00	0,00
23/03/2000	-1,5	1,5	-32,61	32,61
24/03/2000	-0,8	0,8	-27,59	27,59
25/03/2000	-0,7	0,7	-9,86	9,86
26/03/2000	-5,2	5,2	-27,66	27,66
09/06/2000	-3,0	3,0	-19,11	19,11
10/06/2000	0,0	0,0	0,00	0,00
11/06/2000	0,0	0,0	0,00	0,00
12/06/2000	0,0	0,0	0,00	0,00
13/06/2000	-0,1	0,1	-9,09	9,09
14/06/2000	0,0	0,0	0,00	0,00
15/06/2000	-1,3	1,3	-15,12	15,12

## ANEXO 9.B

### Series de datos de Radiación Solar Total (EMA y ECC) en formato de hojas de cálculo

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
Dpto. de Ingeniería Hidrometeorológica

**DATOS DE LA ESTACIÓN**

Número: **0539**

Nombre: **U.C.V.**

#### SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

**ABRIL 2000**

##### Estación automática

##### Estación convencional

Fecha	Hora	Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )	Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )	Interpretados de bandas	
				Fecha	Hora
Lapso: 29/03/2000 17:58:15		Lapso : 29/03/2000 18:00:00			
27/04/2000 17:46:10		27/04/2000 18:00:00			
29/03/2000	17:58:15	52	209	29/03/2000	18:00
29/03/2000	18:58:15	16	28	29/03/2000	19:00
30/03/2000	06:58:15	10	0	30/03/2000	07:00
30/03/2000	07:58:15	122	91	30/03/2000	08:00
30/03/2000	08:58:15	229	223	30/03/2000	09:00
30/03/2000	09:58:15	633	740	30/03/2000	10:00
30/03/2000	10:58:15	688	726	30/03/2000	11:00
30/03/2000	11:58:15	717	740	30/03/2000	12:00
30/03/2000	12:58:15	796	803	30/03/2000	13:00
30/03/2000	13:58:15	850	879	30/03/2000	14:00
30/03/2000	14:58:15	346	391	30/03/2000	15:00
30/03/2000	15:58:15	522	572	30/03/2000	16:00
30/03/2000	16:58:15	204	502	30/03/2000	17:00
30/03/2000	17:58:15	55	181	30/03/2000	18:00
30/03/2000	18:58:15	19	28	30/03/2000	19:00
31/03/2000	06:58:15	32	0	31/03/2000	07:00
31/03/2000	07:58:15	160	28	31/03/2000	08:00
31/03/2000	08:58:15	324	314	31/03/2000	09:00
31/03/2000	09:58:15	636	635	31/03/2000	10:00
31/03/2000	10:58:15	810	775	31/03/2000	11:00
31/03/2000	11:58:15	921	865	31/03/2000	12:00
31/03/2000	12:58:15	933	893	31/03/2000	13:00
31/03/2000	13:58:15	494	482	31/03/2000	14:00
31/03/2000	14:58:15	539	572	31/03/2000	15:00
31/03/2000	15:58:15	662	607	31/03/2000	16:00
31/03/2000	16:58:15	224	440	31/03/2000	17:00
31/03/2000	17:58:15	63	147	31/03/2000	18:00
31/03/2000	18:58:15	21	14	31/03/2000	19:00
01/04/2000	06:58:15	20	0	01/04/2000	07:00
01/04/2000	07:58:15	187	119	01/04/2000	08:00
01/04/2000	08:58:15	418	363	01/04/2000	09:00
01/04/2000	09:58:15	625	642	01/04/2000	10:00
01/04/2000	10:58:15	724	747	01/04/2000	11:00

SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

ABRIL 2000

Estación automática

Estación convencional

		Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )	Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )	Interpretados de bandas	
Fecha	Hora			Fecha	Hora
01/04/2000	11:58:15	935	900	01/04/2000	12:00
01/04/2000	12:58:15	532	565	01/04/2000	13:00
01/04/2000	13:58:15	822	809	01/04/2000	14:00
01/04/2000	14:58:15	772	796	01/04/2000	15:00
01/04/2000	15:58:15	479	412	01/04/2000	16:00
01/04/2000	16:58:15	264	440	01/04/2000	17:00
01/04/2000	17:58:15	58	147	01/04/2000	18:00
01/04/2000	18:58:15	17	14	01/04/2000	19:00
02/04/2000	06:58:15	31	0	02/04/2000	07:00
02/04/2000	07:58:15	206	133	02/04/2000	08:00
02/04/2000	08:58:15	445	377	02/04/2000	09:00
02/04/2000	09:58:15	604	600	02/04/2000	10:00
02/04/2000	10:58:15	850	816	02/04/2000	11:00
02/04/2000	11:58:15	923	879	02/04/2000	12:00
02/04/2000	12:58:15	856	858	02/04/2000	13:00
02/04/2000	13:58:15	465	684	02/04/2000	14:00
02/04/2000	14:58:15	314	251	02/04/2000	15:00
02/04/2000	15:58:15	503	544	02/04/2000	16:00
02/04/2000	16:58:15	236	349	02/04/2000	17:00
02/04/2000	17:58:15	101	209	02/04/2000	18:00
02/04/2000	18:58:15	26	56	02/04/2000	19:00
03/04/2000	06:58:15	16	0	03/04/2000	07:00
03/04/2000	07:58:15	143	119	03/04/2000	08:00
03/04/2000	08:58:15	125	167	03/04/2000	09:00
03/04/2000	09:58:15	350	377	03/04/2000	10:00
03/04/2000	10:58:15	605	607	03/04/2000	11:00
03/04/2000	11:58:15	705	670	03/04/2000	12:00
03/04/2000	12:58:15	952	865	03/04/2000	13:00
03/04/2000	13:58:15	404	530	03/04/2000	14:00
03/04/2000	14:58:15	632	649	03/04/2000	15:00
03/04/2000	15:58:15	654	635	03/04/2000	16:00
03/04/2000	16:58:15	221	237	03/04/2000	17:00
03/04/2000	17:58:15	72	56	03/04/2000	18:00
03/04/2000	18:58:15	14	0	03/04/2000	19:00
04/04/2000	06:58:15	14	0	04/04/2000	07:00
04/04/2000	07:58:15	96	28	04/04/2000	08:00
04/04/2000	08:58:15	220	223	04/04/2000	09:00
04/04/2000	09:58:15	281	272	04/04/2000	10:00
04/04/2000	10:58:15	426	440	04/04/2000	11:00
04/04/2000	11:58:15	647	684	04/04/2000	12:00
04/04/2000	12:58:15	466	572	04/04/2000	13:00
04/04/2000	13:58:15	218	272	04/04/2000	14:00

SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

ABRIL 2000

Estación automática

Estación convencional

		Promedios			Promedios	Interpretados de bandas	
Fecha	Hora	horarios (W/m <sup>2</sup> )		horarios (W/m <sup>2</sup> )	Fecha	Hora	
04/04/2000	14:58:15	260		391	04/04/2000	15:00	
04/04/2000	15:58:15	412		468	04/04/2000	16:00	
04/04/2000	16:58:15	191		286	04/04/2000	17:00	
04/04/2000	17:58:15	85		195	04/04/2000	18:00	
04/04/2000	18:58:15	21		28	04/04/2000	19:00	
05/04/2000	06:58:15	29		0	05/04/2000	07:00	
05/04/2000	07:58:15	130		91	05/04/2000	08:00	
05/04/2000	08:58:15	255		237	05/04/2000	09:00	
05/04/2000	09:58:15	501		530	05/04/2000	10:00	
05/04/2000	10:58:15	623		649	05/04/2000	11:00	
05/04/2000	11:58:15	908		893	05/04/2000	12:00	
05/04/2000	12:58:15	532		502	05/04/2000	13:00	
05/04/2000	13:58:15	510		516	05/04/2000	14:00	
05/04/2000	14:58:15	468		502	05/04/2000	15:00	
05/04/2000	15:58:15	606		593	05/04/2000	16:00	
05/04/2000	16:58:15	215		314	05/04/2000	17:00	
05/04/2000	17:58:15	74		105	05/04/2000	18:00	
05/04/2000	18:58:15	14		0	05/04/2000	19:00	
06/04/2000	06:58:15	26		0	06/04/2000	07:00	
06/04/2000	07:58:15	160		133	06/04/2000	08:00	
06/04/2000	08:58:15	303		286	06/04/2000	09:00	
06/04/2000	09:58:15	440		454	06/04/2000	10:00	
06/04/2000	10:58:15	628		635	06/04/2000	11:00	
06/04/2000	11:58:15	475		502	06/04/2000	12:00	
06/04/2000	12:58:15	268		314	06/04/2000	13:00	
06/04/2000	13:58:15	161		133	06/04/2000	14:00	
06/04/2000	14:58:15	484		516	06/04/2000	15:00	
06/04/2000	15:58:15	301		377	06/04/2000	16:00	
06/04/2000	16:58:15	206		181	06/04/2000	17:00	
06/04/2000	17:58:15	18		14	06/04/2000	18:00	
06/04/2000	18:58:15	6		0	06/04/2000	19:00	
07/04/2000	06:58:15	25		0	07/04/2000	07:00	
07/04/2000	07:58:15	88		56	07/04/2000	08:00	
07/04/2000	08:58:15	189		223	07/04/2000	09:00	
07/04/2000	09:58:15	424		391	07/04/2000	10:00	
07/04/2000	10:58:15	498		649	07/04/2000	11:00	
07/04/2000	11:58:15	712		684	07/04/2000	12:00	
07/04/2000	12:58:15	757		726	07/04/2000	13:00	
07/04/2000	13:58:15	981		893	07/04/2000	14:00	
07/04/2000	14:59:50	732		712	07/04/2000	15:00	
07/04/2000	15:59:50	477		468	07/04/2000	16:00	
07/04/2000	16:59:50	172		56	07/04/2000	17:00	

SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

ABRIL 2000

Estación automática

Estación convencional

		Promedios			Promedios	Interpretados de bandas	
Fecha	Hora	horarios (W/m <sup>2</sup> )	Fecha	Hora	horarios (W/m <sup>2</sup> )	Fecha	Hora
07/04/2000	17:59:50	46	07/04/2000	18:00	42	07/04/2000	18:00
07/04/2000	18:59:50	10	07/04/2000	19:00	0	07/04/2000	19:00
08/04/2000	06:59:50	39	08/04/2000	07:00	0	08/04/2000	07:00
08/04/2000	07:59:50	212	08/04/2000	08:00	147	08/04/2000	08:00
08/04/2000	08:59:50	332	08/04/2000	09:00	300	08/04/2000	09:00
08/04/2000	09:59:50	551	08/04/2000	10:00	530	08/04/2000	10:00
08/04/2000	10:59:50	748	08/04/2000	11:00	698	08/04/2000	11:00
08/04/2000	11:59:50	834	08/04/2000	12:00	719	08/04/2000	12:00
08/04/2000	12:59:50	677	08/04/2000	13:00	872	08/04/2000	13:00
08/04/2000	13:59:50	286	08/04/2000	14:00	363	08/04/2000	14:00
08/04/2000	14:59:50	727	08/04/2000	15:00	670	08/04/2000	15:00
08/04/2000	15:59:50	479	08/04/2000	16:00	579	08/04/2000	16:00
08/04/2000	16:59:50	201	08/04/2000	17:00	335	08/04/2000	17:00
08/04/2000	17:59:50	55	08/04/2000	18:00	70	08/04/2000	18:00
08/04/2000	18:59:50	10	08/04/2000	19:00	0	08/04/2000	19:00
09/04/2000	06:59:50	22	09/04/2000	07:00	0	09/04/2000	07:00
09/04/2000	07:59:50	126	09/04/2000	08:00	119	09/04/2000	08:00
09/04/2000	08:59:50	323	09/04/2000	09:00	349	09/04/2000	09:00
09/04/2000	09:59:50	463	09/04/2000	10:00	502	09/04/2000	10:00
09/04/2000	10:59:50	800	09/04/2000	11:00	879	09/04/2000	11:00
09/04/2000	11:59:50	876	09/04/2000	12:00	893	09/04/2000	12:00
09/04/2000	12:59:50	1026	09/04/2000	13:00	970	09/04/2000	13:00
09/04/2000	13:59:50	743	09/04/2000	14:00	698	09/04/2000	14:00
09/04/2000	14:59:50	586	09/04/2000	15:00	530	09/04/2000	15:00
09/04/2000	15:59:50	606	09/04/2000	16:00	314	09/04/2000	16:00
09/04/2000	16:59:50	245	09/04/2000	17:00	349	09/04/2000	17:00
09/04/2000	17:59:50	96	09/04/2000	18:00	91	09/04/2000	18:00
09/04/2000	18:59:50	19	09/04/2000	19:00	14	09/04/2000	19:00
10/04/2000	06:59:50	35	10/04/2000	07:00	0	10/04/2000	07:00
10/04/2000	07:59:50	208	10/04/2000	08:00	195	10/04/2000	08:00
10/04/2000	08:59:50	450	10/04/2000	09:00	426	10/04/2000	09:00
10/04/2000	09:59:50	648	10/04/2000	10:00	335	10/04/2000	10:00
10/04/2000	10:59:50	775	10/04/2000	11:00	761	10/04/2000	11:00
10/04/2000	11:59:50	873	10/04/2000	12:00	837	10/04/2000	12:00
10/04/2000	12:59:50	721	10/04/2000	13:00	726	10/04/2000	13:00
10/04/2000	13:59:50	844	10/04/2000	14:00	879	10/04/2000	14:00
10/04/2000	14:59:50	784	10/04/2000	15:00	789	10/04/2000	15:00
10/04/2000	15:59:50	601	10/04/2000	16:00	607	10/04/2000	16:00
10/04/2000	16:59:50	256	10/04/2000	17:00	223	10/04/2000	17:00
10/04/2000	17:59:50	84	10/04/2000	18:00	91	10/04/2000	18:00
10/04/2000	18:59:50	18	10/04/2000	19:00	28	10/04/2000	19:00
11/04/2000	06:59:50	35	11/04/2000	07:00	0	11/04/2000	07:00

SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

ABRIL 2000

Estación automática

Estación convencional

		Promedios horarios			Promedios horarios	Interpretados de bandas
Fecha	Hora	(W/m <sup>2</sup> )		Fecha	Hora	
11/04/2000	07:59:50	180		11/04/2000	08:00	
11/04/2000	08:59:50	394		11/04/2000	09:00	
11/04/2000	09:59:50	528		11/04/2000	10:00	
11/04/2000	10:59:50	680		11/04/2000	11:00	
11/04/2000	11:59:50	599		11/04/2000	12:00	
11/04/2000	12:59:50	842		11/04/2000	13:00	
11/04/2000	13:59:50	601		11/04/2000	14:00	
11/04/2000	14:59:50	221		11/04/2000	15:00	
11/04/2000	15:59:50	172		11/04/2000	16:00	
11/04/2000	16:59:50	248		11/04/2000	17:00	
11/04/2000	17:59:50	85		11/04/2000	18:00	
11/04/2000	18:59:50	23		11/04/2000	19:00	
12/04/2000	06:59:50	26		12/04/2000	07:00	
12/04/2000	07:59:50	127		12/04/2000	08:00	
12/04/2000	08:59:50	357		12/04/2000	09:00	
12/04/2000	09:59:50	390		12/04/2000	10:00	
12/04/2000	10:59:50	589		12/04/2000	11:00	
12/04/2000	11:59:50	464		12/04/2000	12:00	
12/04/2000	12:59:50	569		12/04/2000	13:00	
12/04/2000	13:59:50	765		12/04/2000	14:00	
12/04/2000	14:59:50	643		12/04/2000	15:00	
12/04/2000	15:59:50	240		12/04/2000	16:00	
12/04/2000	16:59:50	72		12/04/2000	17:00	
12/04/2000	17:59:50	36		12/04/2000	18:00	
12/04/2000	18:59:50	24		12/04/2000	19:00	
13/04/2000	06:59:50	38		13/04/2000	07:00	
13/04/2000	07:59:50	225		13/04/2000	08:00	
13/04/2000	08:59:50	458		13/04/2000	09:00	
13/04/2000	09:59:50	585		13/04/2000	10:00	
13/04/2000	10:59:50	253		13/04/2000	11:00	
13/04/2000	11:55:13	391		13/04/2000	12:00	
13/04/2000	12:55:13	802		13/04/2000	13:00	
13/04/2000	13:55:13	899		13/04/2000	14:00	
13/04/2000	14:55:13	732		13/04/2000	15:00	
13/04/2000	15:55:13	423		13/04/2000	16:00	
13/04/2000	16:55:13	168		13/04/2000	17:00	
13/04/2000	17:55:13	69		13/04/2000	18:00	
13/04/2000	18:55:13	14		13/04/2000	19:00	
14/04/2000	06:55:13	22		14/04/2000	07:00	
14/04/2000	07:55:13	72		14/04/2000	08:00	
14/04/2000	08:55:13	151		14/04/2000	09:00	
14/04/2000	09:55:13	316		14/04/2000	10:00	

SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

ABRIL 2000

Estación automática

Estación convencional

		Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )			Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )	Interpretados de bandas	
Fecha	Hora			Fecha	Hora		
14/04/2000	10:55:13	791		14/04/2000	11:00		
14/04/2000	11:55:13	746		14/04/2000	12:00		
14/04/2000	12:55:13	880		14/04/2000	13:00		
14/04/2000	13:55:13	466		14/04/2000	14:00		
14/04/2000	14:55:13	824		14/04/2000	15:00		
14/04/2000	15:55:13	663		14/04/2000	16:00		
14/04/2000	16:55:13	216		14/04/2000	17:00		
14/04/2000	17:55:13	42		14/04/2000	18:00		
14/04/2000	18:55:13	15		14/04/2000	19:00		
15/04/2000	06:55:13	13		15/04/2000	07:00		
15/04/2000	07:55:13	65		15/04/2000	08:00		
15/04/2000	08:55:13	380		15/04/2000	09:00		
15/04/2000	09:55:13	384		15/04/2000	10:00		
15/04/2000	10:55:13	675		15/04/2000	11:00		
15/04/2000	11:55:13	916		15/04/2000	12:00		
15/04/2000	12:55:13	558		15/04/2000	13:00		
15/04/2000	13:55:13	739		15/04/2000	14:00		
15/04/2000	14:55:13	815		15/04/2000	15:00		
15/04/2000	15:55:13	618		15/04/2000	16:00		
15/04/2000	16:55:13	188		15/04/2000	17:00		
15/04/2000	17:55:13	72		15/04/2000	18:00		
15/04/2000	18:55:13	23		15/04/2000	19:00		
16/04/2000	06:55:13	18		16/04/2000	07:00		
16/04/2000	07:55:13	47		16/04/2000	08:00		
16/04/2000	08:55:13	220		16/04/2000	09:00		
16/04/2000	09:55:13	321		16/04/2000	10:00		
16/04/2000	10:55:13	730		16/04/2000	11:00		
16/04/2000	11:55:13	997		16/04/2000	12:00		
16/04/2000	12:55:13	824		16/04/2000	13:00		
16/04/2000	13:55:13	353		16/04/2000	14:00		
16/04/2000	14:55:13	523		16/04/2000	15:00		
16/04/2000	15:55:13	514		16/04/2000	16:00		
16/04/2000	16:55:13	231		16/04/2000	17:00		
16/04/2000	17:55:13	51		16/04/2000	18:00		
16/04/2000	18:55:13	15		16/04/2000	19:00		
17/04/2000	06:55:13	8		17/04/2000	07:00		
17/04/2000	07:55:13	27		17/04/2000	08:00		
17/04/2000	08:55:13	181		17/04/2000	09:00		
17/04/2000	09:55:13	337		17/04/2000	10:00		
17/04/2000	10:55:13	873		17/04/2000	11:00		
17/04/2000	11:55:13	938		17/04/2000	12:00		
17/04/2000	12:55:13	783		17/04/2000	13:00		

SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

ABRIL 2000

Estación automática

Estación convencional

		Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )			Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )	Interpretados de bandas	
Fecha	Hora			Fecha	Hora		
17/04/2000	13:55:13	519		17/04/2000	14:00		
17/04/2000	14:55:13	520		17/04/2000	15:00		
17/04/2000	15:55:13	264		17/04/2000	16:00		
17/04/2000	16:55:13	131		17/04/2000	17:00		
17/04/2000	17:55:13	43		17/04/2000	18:00		
17/04/2000	18:55:13	14		17/04/2000	19:00		
18/04/2000	06:55:13	33		18/04/2000	07:00		
18/04/2000	07:55:13	211		18/04/2000	08:00		
18/04/2000	08:55:13	423		18/04/2000	09:00		
18/04/2000	09:55:13	404		18/04/2000	10:00		
18/04/2000	10:55:13	829		18/04/2000	11:00		
18/04/2000	11:55:13	900		18/04/2000	12:00		
18/04/2000	12:55:13	879		18/04/2000	13:00		
18/04/2000	13:55:13	780		18/04/2000	14:00		
18/04/2000	14:55:13	630		18/04/2000	15:00		
18/04/2000	15:55:13	396		18/04/2000	16:00		
18/04/2000	16:55:13	168		18/04/2000	17:00		
18/04/2000	17:55:13	94		18/04/2000	18:00		
18/04/2000	18:55:13	27		18/04/2000	19:00		
19/04/2000	06:55:13	25		19/04/2000	07:00		
19/04/2000	07:55:13	85		19/04/2000	08:00		
19/04/2000	08:55:13	378		19/04/2000	09:00		
19/04/2000	09:55:13	675		19/04/2000	10:00		
19/04/2000	10:55:13	840		19/04/2000	11:00		
19/04/2000	11:55:13	904		19/04/2000	12:00		
19/04/2000	12:55:13	931		19/04/2000	13:00		
19/04/2000	13:55:13	948		19/04/2000	14:00		
19/04/2000	14:55:13	615		19/04/2000	15:00		
19/04/2000	15:55:13	562		19/04/2000	16:00		
19/04/2000	16:55:13	169		19/04/2000	17:00		
19/04/2000	17:55:13	59		19/04/2000	18:00		
19/04/2000	18:55:13	21		19/04/2000	19:00		
20/04/2000	06:55:13	40		20/04/2000	07:00		
20/04/2000	07:55:13	204		20/04/2000	08:00		
20/04/2000	08:55:13	438		20/04/2000	09:00		
20/04/2000	09:55:13	602		20/04/2000	10:00		
20/04/2000	10:55:13	845		20/04/2000	11:00		
20/04/2000	11:55:13	870		20/04/2000	12:00		
20/04/2000	12:55:13	905		20/04/2000	13:00		
20/04/2000	13:55:13	637		20/04/2000	14:00		
20/04/2000	14:55:13	851		20/04/2000	15:00		
20/04/2000	15:55:13	619		20/04/2000	16:00		

SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

ABRIL 2000

Estación automática

Estación convencional

		Promedios				Promedios		Interpretados de bandas	
Fecha	Hora	horarios		horarios	Fecha	horarios		Hora	
		(W/m <sup>2</sup> )		(W/m <sup>2</sup> )					
20/04/2000	16:55:13	189		209	20/04/2000	17:00			
20/04/2000	17:55:13	105		91	20/04/2000	18:00			
20/04/2000	18:55:13	25		28	20/04/2000	19:00			
21/04/2000	06:55:13	30		0	21/04/2000	07:00			
21/04/2000	07:55:13	149		56	21/04/2000	08:00			
21/04/2000	08:55:13	275		272	21/04/2000	09:00			
21/04/2000	09:55:13	500		572	21/04/2000	10:00			
21/04/2000	10:55:13	815		663	21/04/2000	11:00			
21/04/2000	11:55:13	935		844	21/04/2000	12:00			
21/04/2000	12:55:13	926		816	21/04/2000	13:00			
21/04/2000	13:55:13	960		893	21/04/2000	14:00			
21/04/2000	14:55:13	524		698	21/04/2000	15:00			
21/04/2000	15:55:13	408		419	21/04/2000	16:00			
21/04/2000	16:55:13	156		181	21/04/2000	17:00			
21/04/2000	17:55:13	67		91	21/04/2000	18:00			
21/04/2000	18:55:13	21		28	21/04/2000	19:00			
22/04/2000	06:55:13	14		0	22/04/2000	07:00			
22/04/2000	07:55:13	85		91	22/04/2000	08:00			
22/04/2000	08:55:13	403		419	22/04/2000	09:00			
22/04/2000	09:55:13	621		663	22/04/2000	10:00			
22/04/2000	10:55:13	647		698	22/04/2000	11:00			
22/04/2000	11:55:13	949		844	22/04/2000	12:00			
22/04/2000	12:55:13	662		600	22/04/2000	13:00			
22/04/2000	13:55:13	607		600	22/04/2000	14:00			
22/04/2000	14:55:13	584		454	22/04/2000	15:00			
22/04/2000	15:55:13	325		237	22/04/2000	16:00			
22/04/2000	16:55:13	211		237	22/04/2000	17:00			
22/04/2000	17:55:13	75		91	22/04/2000	18:00			
22/04/2000	18:55:13	25		14	22/04/2000	19:00			
23/04/2000	06:55:13	18		0	23/04/2000	07:00			
23/04/2000	07:55:13	92		28	23/04/2000	08:00			
23/04/2000	08:55:13	420		419	23/04/2000	09:00			
23/04/2000	09:55:13	405		391	23/04/2000	10:00			
23/04/2000	10:55:13	507		544	23/04/2000	11:00			
23/04/2000	11:55:13	375		391	23/04/2000	12:00			
23/04/2000	12:55:13	629		698	23/04/2000	13:00			
23/04/2000	13:55:13	675		572	23/04/2000	14:00			
23/04/2000	14:55:13	559		544	23/04/2000	15:00			
23/04/2000	15:55:13	573		363	23/04/2000	16:00			
23/04/2000	16:55:13	159		147	23/04/2000	17:00			
23/04/2000	17:55:13	77		56	23/04/2000	18:00			
23/04/2000	18:55:13	33		0	23/04/2000	19:00			

SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

ABRIL 2000

Estación automática

Estación convencional

		Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )			Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )	Interpretados de bandas	
Fecha	Hora		Fecha	Hora			
24/04/2000	06:55:13	21	24/04/2000	07:00	0		
24/04/2000	07:55:13	93	24/04/2000	08:00	42		
24/04/2000	08:55:13	166	24/04/2000	09:00	237		
24/04/2000	09:55:13	638	24/04/2000	10:00	635		
24/04/2000	10:55:13	652	24/04/2000	11:00	677		
24/04/2000	11:55:13	930	24/04/2000	12:00	893		
24/04/2000	12:15:13	884	24/04/2000	13:00	858		
24/04/2000	13:59:10	841	24/04/2000	14:00	803		
24/04/2000	14:59:10	720	24/04/2000	15:00	712		
24/04/2000	15:59:10	572	24/04/2000	16:00	586		
24/04/2000	16:59:10	165	24/04/2000	17:00	119		
24/04/2000	17:59:10	57	24/04/2000	18:00	56		
24/04/2000	18:59:10	14	24/04/2000	19:00	14		
25/04/2000	06:59:10	16	25/04/2000	07:00	0		
25/04/2000	07:59:10	103	25/04/2000	08:00	42		
25/04/2000	08:59:10	341	25/04/2000	09:00	377		
25/04/2000	09:59:10	512	25/04/2000	10:00	558		
25/04/2000	10:59:10	798	25/04/2000	11:00	754		
25/04/2000	11:59:10	872	25/04/2000	12:00	844		
25/04/2000	12:59:10	895	25/04/2000	13:00	844		
25/04/2000	13:59:10	852	25/04/2000	14:00	816		
25/04/2000	14:59:10	713	25/04/2000	15:00	698		
25/04/2000	15:59:10	502	25/04/2000	16:00	468		
25/04/2000	16:59:10	211	25/04/2000	17:00	223		
25/04/2000	17:59:10	94	25/04/2000	18:00	91		
25/04/2000	18:59:10	25	25/04/2000	19:00	14		
26/04/2000	06:59:10	20	26/04/2000	07:00	0		
26/04/2000	07:59:10	118	26/04/2000	08:00	91		
26/04/2000	08:59:10	274	26/04/2000	09:00	300		
26/04/2000	09:59:10	623	26/04/2000	10:00	649		
26/04/2000	10:59:10	807	26/04/2000	11:00	816		
26/04/2000	11:59:10	892	26/04/2000	12:00	816		
26/04/2000	12:59:10	887	26/04/2000	13:00	844		
26/04/2000	13:59:10	874	26/04/2000	14:00	816		
26/04/2000	14:59:10	777	26/04/2000	15:00	726		
26/04/2000	15:59:10	541	26/04/2000	16:00	572		
26/04/2000	16:59:10	183	26/04/2000	17:00	133		
26/04/2000	17:59:10	77	26/04/2000	18:00	91		
26/04/2000	18:59:10	21	26/04/2000	19:00	14		
27/04/2000	06:59:10	26	27/04/2000	07:00	0		
27/04/2000	07:59:10	168	27/04/2000	08:00	147		
27/04/2000	08:59:10	383	27/04/2000	09:00	377		

SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL

ABRIL 2000

Estación automática

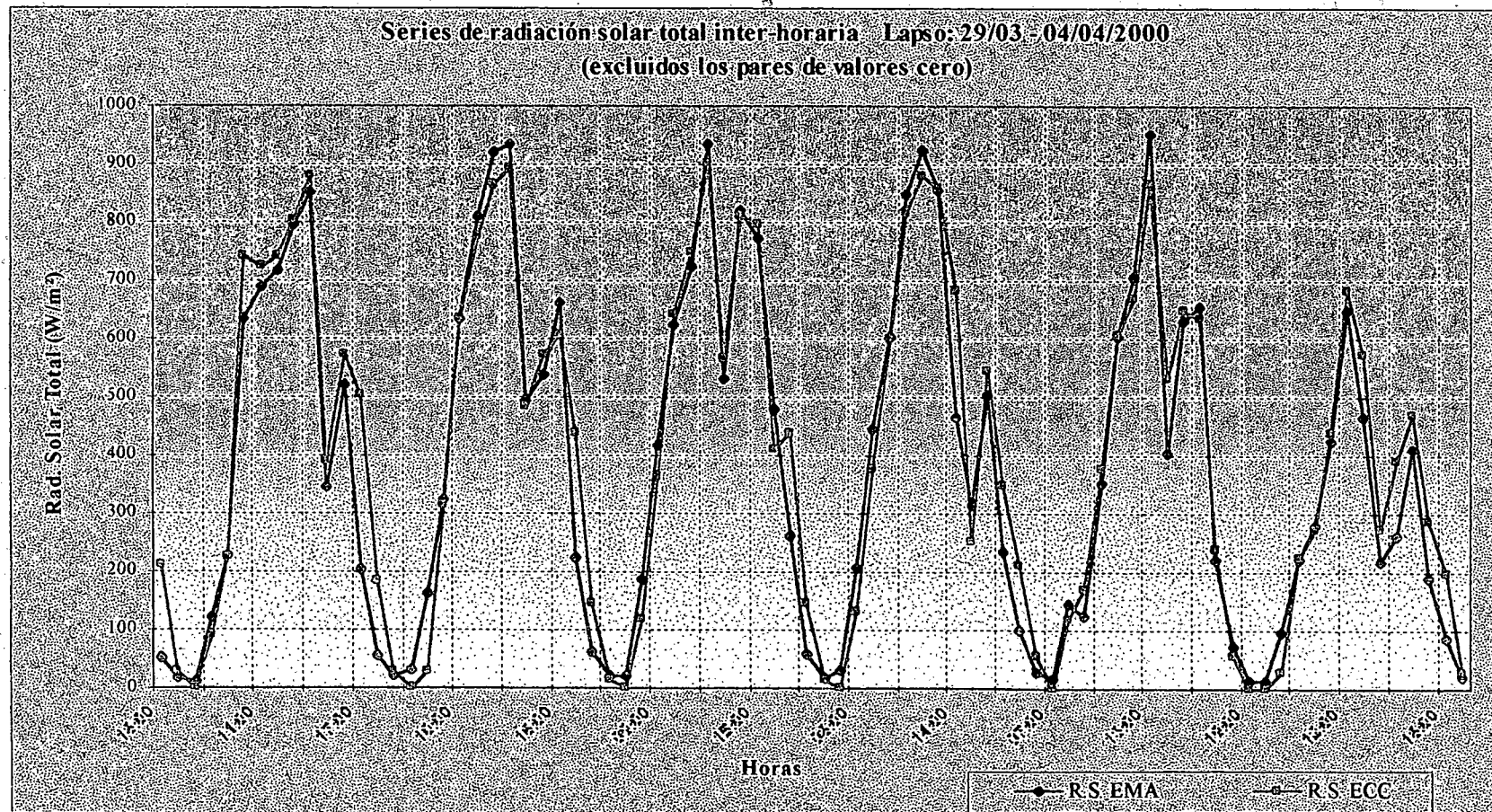
Fecha	Hora	Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )
27/04/2000	09:59:10	570
27/04/2000	10:59:10	718
27/04/2000	11:59:10	865
27/04/2000	12:59:10	938
27/04/2000	13:59:10	882
27/04/2000	14:59:10	804
27/04/2000	15:59:10	531
27/04/2000	16:59:10	193
27/04/2000	17:46:10	104

Estación convencional

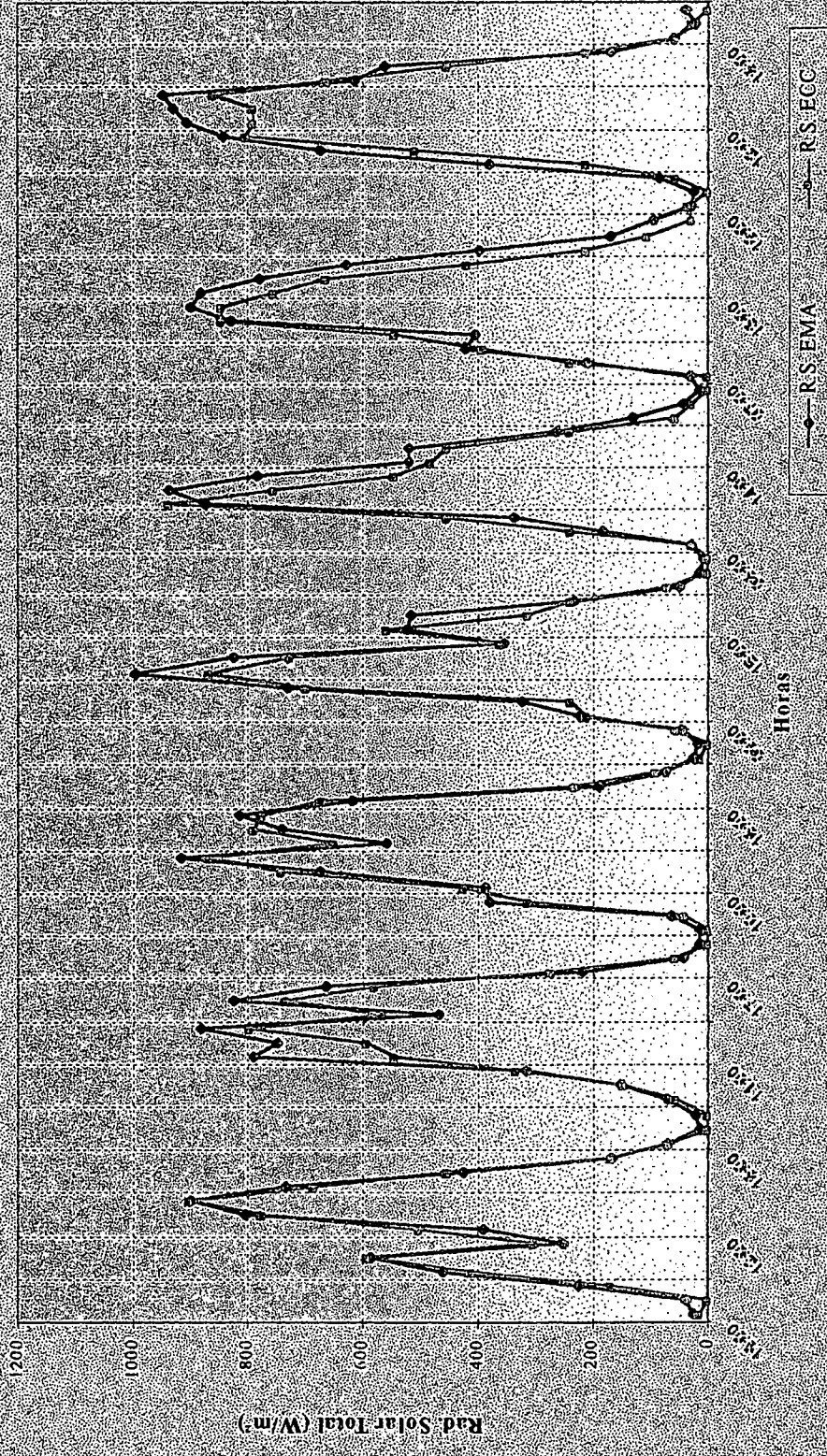
Promedios horarios (W/m <sup>2</sup> )	Interpretados de bandas	
	Fecha	Hora
600	27/04/2000	10:00
698	27/04/2000	11:00
844	27/04/2000	12:00
879	27/04/2000	13:00
844	27/04/2000	14:00
768	27/04/2000	15:00
558	27/04/2000	16:00
147	27/04/2000	17:00
91	27/04/2000	18:00

### ANEXO 9.C

#### **Gráficos de series de datos de Radiación Solar Total (EMA y ECC)**



Series de radiación solar total inter-horaria Lapso: 13/04 - 19/04/2000  
(excluidos los pares de valores cero)



## ANEXO 9.E

### Series de datos de Temperatura (EMA y ECC) en formato de hojas de cálculo

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
Dpto. de Ingeniería Hidrometeorológica

DATOS DE LA ESTACIÓN

Número: **0539**

Nombre: **U.C.V.**

#### SERIE DE TEMPERATURA DEL AIRE

##### Estación automática

Fecha	Hora	Datos inter- horarios (°C)
Lapso: <b>14/10/1999</b> 20:00:03		
<b>29/03/2000</b> 08:00:25		

14/10/1999	20:00:03	19,9
14/10/1999	22:00:03	19,5
15/10/1999	00:00:03	18,5
15/10/1999	02:00:03	17,4
15/10/1999	04:00:03	18,4
15/10/1999	06:00:03	17,7
15/10/1999	08:00:03	20,1
15/10/1999	10:00:03	26,1
15/10/1999	12:00:03	28,5
15/10/1999	14:00:03	29,3
15/10/1999	16:00:03	23,8
15/10/1999	18:00:03	24,2
15/10/1999	20:00:03	22,3
15/10/1999	22:00:03	20,9
16/10/1999	00:00:03	19,8
16/10/1999	02:00:03	19,5
16/10/1999	04:00:03	19,5
16/10/1999	06:00:03	19,0
16/10/1999	08:00:03	22,5
16/10/1999	10:00:03	28,6
16/10/1999	12:00:03	27,2
16/10/1999	14:00:03	24,9
16/10/1999	16:00:03	23,9
16/10/1999	18:00:03	22,3
16/10/1999	20:00:03	20,6
16/10/1999	22:00:03	19,9
17/10/1999	00:00:03	20,4
17/10/1999	02:00:03	20,3
17/10/1999	04:00:03	19,2
17/10/1999	06:00:03	18,0
17/10/1999	08:00:03	22,2

##### Estación convencional

Datos inter- horarios (°C)	Interpretados de bandas Fecha	Hora
Lapso : <b>14/10/1999</b> 20:00:03		
<b>29/03/2000</b> 08:00:00		

22,1	14/10/1999	20:00
20,8	14/10/1999	22:00
19,8	14/10/1999	24:00
18,5	15/10/1999	02:00
18,0	15/10/1999	04:00
17,6	15/10/1999	06:00
20,9	15/10/1999	08:00
27,0	15/10/1999	10:00
27,6	15/10/1999	12:00
30,0	15/10/1999	14:00
24,0	15/10/1999	16:00
24,0	15/10/1999	18:00
22,8	15/10/1999	20:00
21,0	15/10/1999	22:00
20,5	15/10/1999	24:00
20,0	16/10/1999	02:00
19,9	16/10/1999	04:00
19,6	16/10/1999	06:00
23,0	16/10/1999	08:00
28,0	16/10/1999	10:00
26,8	16/10/1999	12:00
25,1	16/10/1999	14:00
23,3	16/10/1999	16:00
22,0	16/10/1999	18:00
21,1	16/10/1999	20:00
20,5	16/10/1999	22:00
20,7	16/10/1999	24:00
20,1	17/10/1999	02:00
19,1	17/10/1999	04:00
19,0	17/10/1999	06:00
22,0	17/10/1999	08:00

SERIE DE TEMPERATURA DEL AIRE

Estación automática

Fecha	Hora	Datos inter- horarios (°C)
17/10/1999	10:00:03	26,9
17/10/1999	12:00:03	29,9
17/10/1999	14:00:03	21,2
17/10/1999	16:00:03	20,6
17/10/1999	18:00:03	20,0
17/10/1999	20:00:03	19,0
17/10/1999	22:00:03	19,5
18/10/1999	00:00:03	19,3
18/10/1999	02:00:03	19,0
18/10/1999	04:00:03	18,2
18/10/1999	06:00:03	17,3
18/10/1999	08:00:03	20,2
18/10/1999	10:00:03	24,5
18/10/1999	12:00:03	29,2
18/10/1999	14:00:03	26,8
18/10/1999	16:00:03	20,0
18/10/1999	18:00:03	21,1
18/10/1999	20:00:03	20,0
18/10/1999	22:00:03	19,4
19/10/1999	00:00:03	19,5
19/10/1999	02:00:03	19,0
19/10/1999	04:00:03	18,0
19/10/1999	06:00:03	17,5
19/10/1999	08:00:03	20,7
08/11/1999	15:59:41	28,1
08/11/1999	17:59:41	22,7
08/11/1999	19:59:41	22,1
08/11/1999	21:59:41	21,7
08/11/1999	23:59:41	21,3
09/11/1999	01:59:41	19,5
09/11/1999	03:59:41	18,7
09/11/1999	05:59:41	17,9
09/11/1999	07:59:41	22,2
09/11/1999	09:59:41	26,2
22/02/2000	16:01:08	23,3
22/02/2000	18:01:08	22,0
22/02/2000	20:01:08	20,5
22/02/2000	22:01:08	20,4
23/02/2000	00:01:08	20,0
23/02/2000	02:01:08	19,4
23/02/2000	04:01:08	19,2

Estación convencional

Datos inter- horarios (°C)	Interpretados de bandas Fecha	Hora
27,7	17/10/1999	10:00
29,8	17/10/1999	12:00
21,3	17/10/1999	14:00
20,8	17/10/1999	16:00
20,0	17/10/1999	18:00
19,9	17/10/1999	20:00
19,7	17/10/1999	22:00
19,2	17/10/1999	24:00
19,1	18/10/1999	02:00
18,2	18/10/1999	04:00
17,8	18/10/1999	06:00
19,5	18/10/1999	08:00
24,9	18/10/1999	10:00
29,0	18/10/1999	12:00
27,0	18/10/1999	14:00
21,0	18/10/1999	16:00
20,8	18/10/1999	18:00
20,1	18/10/1999	20:00
20,0	18/10/1999	22:00
19,4	18/10/1999	24:00
19,0	19/10/1999	02:00
18,5	19/10/1999	04:00
17,9	19/10/1999	06:00
20,8	19/10/1999	08:00
28,00	08/11/1999	16:00
23,80	08/11/1999	18:00
22,30	08/11/1999	20:00
21,80	08/11/1999	22:00
21,20	08/11/1999	24:00
19,50	09/11/1999	02:00
18,60	09/11/1999	04:00
18,00	09/11/1999	06:00
23,00	09/11/1999	08:00
26,80	09/11/1999	10:00
23,0	22/02/2000	16:00
21,9	22/02/2000	18:00
20,4	22/02/2000	20:00
20,2	22/02/2000	22:00
19,8	22/02/2000	24:00
19,5	22/02/2000	02:00
19,1	22/02/2000	04:00

SERIE DE TEMPERATURA DEL AIRE

Estación automática

Fecha	Hora	Datos inter-
		horarios (°C)
23/02/2000	06:01:08	18,7
23/02/2000	08:01:08	20,0
23/02/2000	10:01:08	23,9
16/03/2000	14:00:25	26,1
16/03/2000	16:00:25	25,3
16/03/2000	18:00:25	23,3
16/03/2000	20:00:25	20,1
16/03/2000	22:00:25	19,2
17/03/2000	00:00:25	19,1
17/03/2000	02:00:25	18,5
17/03/2000	04:00:25	18,3
17/03/2000	06:00:25	17,1
17/03/2000	08:00:25	18,0
17/03/2000	10:00:25	22,5
17/03/2000	12:00:25	26,8
17/03/2000	14:00:25	27,4
17/03/2000	16:00:25	27,8
17/03/2000	18:00:25	23,1
17/03/2000	20:00:25	18,6
17/03/2000	22:00:25	17,1
18/03/2000	00:00:25	15,8
18/03/2000	02:00:25	15,6
18/03/2000	04:00:25	14,3
18/03/2000	06:00:25	13,9
18/03/2000	08:00:25	18,3
18/03/2000	10:00:25	25,1
18/03/2000	12:00:25	27,8
18/03/2000	14:00:25	26,2
18/03/2000	16:00:25	25,9
18/03/2000	18:00:25	22,3
18/03/2000	20:00:25	19,2
18/03/2000	22:00:25	18,7
19/03/2000	00:00:25	18,2
19/03/2000	02:00:25	18,3
19/03/2000	04:00:25	17,7
19/03/2000	06:00:25	17,6
19/03/2000	08:00:25	18,5
19/03/2000	10:00:25	22,5
19/03/2000	12:00:25	26,4
19/03/2000	14:00:25	29,1
19/03/2000	16:00:25	25,3

Estación convencional

Datos inter-	Fecha	Hora
18,6	22/02/2000	06:00
20,0	22/02/2000	08:00
22,6	22/02/2000	10:00
25,6	16/03/2000	14:00
24,9	16/03/2000	16:00
23,5	16/03/2000	18:00
20,3	16/03/2000	20:00
19,3	16/03/2000	22:00
19,2	16/03/2000	24:00
18,8	17/03/2000	02:00
18,3	17/03/2000	04:00
17,1	17/03/2000	06:00
18,1	17/03/2000	08:00
21,5	17/03/2000	10:00
25,8	17/03/2000	12:00
27,6	17/03/2000	14:00
28,2	17/03/2000	16:00
25,2	17/03/2000	18:00
20,0	17/03/2000	20:00
18,1	17/03/2000	22:00
16,2	17/03/2000	24:00
16,2	18/03/2000	02:00
15,0	18/03/2000	04:00
14,3	18/03/2000	06:00
16,3	18/03/2000	08:00
23,2	18/03/2000	10:00
26,3	18/03/2000	12:00
26,9	18/03/2000	14:00
26,2	18/03/2000	16:00
24,5	18/03/2000	18:00
20,1	18/03/2000	20:00
19,1	18/03/2000	22:00
18,8	18/03/2000	24:00
18,5	19/03/2000	02:00
18,0	19/03/2000	04:00
18,0	19/03/2000	06:00
18,5	19/03/2000	08:00
21,1	19/03/2000	10:00
25,5	19/03/2000	12:00
27,0	19/03/2000	14:00
27,5	19/03/2000	16:00

SERIE DE TEMPERATURA DEL AIRE

Estación automática

Fecha	Hora	Datos inter-
		horarios (°C)
19/03/2000	18:00:25	23,0
19/03/2000	20:00:25	19,4
19/03/2000	22:00:25	19,8
20/03/2000	00:00:25	18,5
20/03/2000	02:00:25	18,1
20/03/2000	04:00:25	18,1
20/03/2000	06:00:25	16,7
20/03/2000	08:00:25	19,7
20/03/2000	10:00:25	26,2
20/03/2000	12:00:25	27,6
20/03/2000	14:00:25	29,1
20/03/2000	16:00:25	27,0
20/03/2000	18:00:25	22,0
20/03/2000	20:00:25	19,8
20/03/2000	22:00:25	19,4
21/03/2000	00:00:25	18,6
21/03/2000	02:00:25	17,4
21/03/2000	04:00:25	16,3
21/03/2000	06:00:25	15,4
21/03/2000	08:00:25	19,7
21/03/2000	10:00:25	25,9
21/03/2000	12:00:25	30,1
21/03/2000	14:00:25	30,1
21/03/2000	16:00:25	25,7
21/03/2000	18:00:25	21,8
21/03/2000	20:00:25	19,8
21/03/2000	22:00:25	19,9
22/03/2000	00:00:25	19,4
22/03/2000	02:00:25	18,6
22/03/2000	04:00:25	17,6
22/03/2000	06:00:25	17,2
22/03/2000	08:00:25	19,7
22/03/2000	10:00:25	25,2
22/03/2000	12:00:25	27,4
22/03/2000	14:00:25	26,4
22/03/2000	16:00:25	23,0
22/03/2000	18:00:25	20,5
22/03/2000	20:00:25	19,5
22/03/2000	22:00:25	18,7
23/03/2000	00:00:25	17,8
23/03/2000	02:00:25	17,9

Estación convencional

Fecha	Hora	Datos inter-	Fecha	Hora
		horarios (°C)		
19/03/2000	18:00	25,0	19/03/2000	18:00
19/03/2000	20:00	21,0	19/03/2000	20:00
19/03/2000	22:00	19,8	19/03/2000	22:00
19/03/2000	24:00	19,3	19/03/2000	24:00
20/03/2000	02:00	18,8	20/03/2000	02:00
20/03/2000	04:00	18,4	20/03/2000	04:00
20/03/2000	06:00	18,0	20/03/2000	06:00
20/03/2000	08:00	18,0	20/03/2000	08:00
20/03/2000	10:00	24,0	20/03/2000	10:00
20/03/2000	12:00	27,0	20/03/2000	12:00
20/03/2000	14:00	27,3	20/03/2000	14:00
20/03/2000	16:00	27,8	20/03/2000	16:00
20/03/2000	18:00	23,3	20/03/2000	18:00
20/03/2000	20:00	20,6	20/03/2000	20:00
20/03/2000	22:00	20,1	20/03/2000	22:00
20/03/2000	24:00	19,4	20/03/2000	24:00
21/03/2000	02:00	18,0	21/03/2000	02:00
21/03/2000	04:00	17,0	21/03/2000	04:00
21/03/2000	06:00	16,0	21/03/2000	06:00
21/03/2000	08:00	17,0	21/03/2000	08:00
21/03/2000	10:00	23,8	21/03/2000	10:00
21/03/2000	12:00	27,8	21/03/2000	12:00
21/03/2000	14:00	29,8	21/03/2000	14:00
21/03/2000	16:00	27,4	21/03/2000	16:00
21/03/2000	18:00	23,0	21/03/2000	18:00
21/03/2000	20:00	20,4	21/03/2000	20:00
21/03/2000	22:00	20,1	21/03/2000	22:00
21/03/2000	24:00	20,0	21/03/2000	24:00
22/03/2000	02:00	19,4	22/03/2000	02:00
22/03/2000	04:00	18,5	22/03/2000	04:00
22/03/2000	06:00	17,6	22/03/2000	06:00
22/03/2000	08:00	18,9	22/03/2000	08:00
22/03/2000	10:00	23,5	22/03/2000	10:00
22/03/2000	12:00	27,2	22/03/2000	12:00
22/03/2000	14:00	27,0	22/03/2000	14:00
22/03/2000	16:00	24,0	22/03/2000	16:00
22/03/2000	18:00	20,7	22/03/2000	18:00
22/03/2000	20:00	19,7	22/03/2000	20:00
22/03/2000	22:00	18,9	22/03/2000	22:00
22/03/2000	24:00	18,1	22/03/2000	24:00
23/03/2000	02:00	18,0	23/03/2000	02:00

SERIE DE TEMPERATURA DEL AIRE

Estación automática

Fecha	Hora	Datos inter- horarios (°C)
23/03/2000	04:00:25	17,4
23/03/2000	06:00:25	16,4
23/03/2000	08:00:25	19,6
23/03/2000	10:00:25	28,2
23/03/2000	12:00:25	27,6
23/03/2000	14:00:25	27,8
23/03/2000	16:00:25	25,9
23/03/2000	18:00:25	21,4
23/03/2000	20:00:25	19,8
23/03/2000	22:00:25	18,9
24/03/2000	00:00:25	18,0
24/03/2000	02:00:25	18,1
24/03/2000	04:00:25	18,5
24/03/2000	06:00:25	18,4
24/03/2000	08:00:25	18,2
24/03/2000	10:00:25	19,5
24/03/2000	12:00:25	19,2
24/03/2000	14:00:25	20,3
24/03/2000	16:00:25	19,3
24/03/2000	18:00:25	19,8
24/03/2000	20:00:25	19,9
24/03/2000	22:00:25	19,7
25/03/2000	00:00:25	18,7
25/03/2000	02:00:25	18,4
25/03/2000	04:00:25	18,4
25/03/2000	06:00:25	18,5
25/03/2000	08:00:25	19,0
25/03/2000	10:00:25	21,7
25/03/2000	12:00:25	23,8
25/03/2000	14:00:25	23,2
25/03/2000	16:00:25	19,9
25/03/2000	18:00:25	19,5
25/03/2000	20:00:25	18,4
25/03/2000	22:00:25	18,2
26/03/2000	00:00:25	17,5
26/03/2000	02:00:25	16,9
26/03/2000	04:00:25	17,3
26/03/2000	06:00:25	17,1
26/03/2000	08:00:25	17,5
26/03/2000	10:00:25	18,9
26/03/2000	12:00:25	19,8

Estación convencional

Datos inter- horarios (°C)	Interpretados de bandas
Fecha	Hora
17,6	23/03/2000 04:00
17,0	23/03/2000 06:00
19,8	23/03/2000 08:00
26,2	23/03/2000 10:00
27,0	23/03/2000 12:00
27,1	23/03/2000 14:00
26,0	23/03/2000 16:00
22,0	23/03/2000 18:00
20,1	23/03/2000 20:00
19,3	23/03/2000 22:00
18,5	23/03/2000 24:00
18,3	24/03/2000 02:00
18,6	24/03/2000 04:00
18,8	24/03/2000 06:00
18,4	24/03/2000 08:00
19,2	24/03/2000 10:00
19,2	24/03/2000 12:00
20,4	24/03/2000 14:00
19,7	24/03/2000 16:00
19,9	24/03/2000 18:00
19,9	24/03/2000 20:00
19,8	24/03/2000 22:00
19,2	24/03/2000 24:00
18,9	25/03/2000 02:00
18,9	25/03/2000 04:00
18,9	25/03/2000 06:00
19,0	25/03/2000 08:00
20,2	25/03/2000 10:00
23,2	25/03/2000 12:00
23,3	25/03/2000 14:00
20,9	25/03/2000 16:00
20,0	25/03/2000 18:00
19,0	25/03/2000 20:00
18,8	25/03/2000 22:00
18,0	25/03/2000 24:00
17,5	26/03/2000 02:00
17,7	26/03/2000 04:00
17,6	26/03/2000 06:00
18,0	26/03/2000 08:00
19,1	26/03/2000 10:00
20,0	26/03/2000 12:00

SERIE DE TEMPERATURA DEL AIRE

Estación automática

Fecha	Hora	Datos inter- horarios (°C)
26/03/2000	14:00:25	18,5
26/03/2000	16:00:25	20,8
26/03/2000	18:00:25	18,9
26/03/2000	20:00:25	17,6
26/03/2000	22:00:25	17,1
27/03/2000	00:00:25	17,2
27/03/2000	02:00:25	17,1
27/03/2000	04:00:25	17,4
27/03/2000	06:00:25	17,3
27/03/2000	08:00:25	19,3
27/03/2000	10:00:25	21,9
27/03/2000	12:00:25	25,0
27/03/2000	14:00:25	23,4
27/03/2000	16:00:25	24,3
27/03/2000	18:00:25	20,2
27/03/2000	20:00:25	20,5
27/03/2000	22:00:25	20,0
28/03/2000	00:00:25	19,8
28/03/2000	02:00:25	19,0
28/03/2000	04:00:25	18,9
28/03/2000	06:00:25	18,5
28/03/2000	08:00:25	--
28/03/2000	10:00:25	--
28/03/2000	12:00:25	--
28/03/2000	14:00:25	--
28/03/2000	16:00:25	24,9
28/03/2000	18:00:25	25,7
28/03/2000	20:00:25	23,1
28/03/2000	22:00:25	20,9
29/03/2000	00:00:25	20,2
29/03/2000	02:00:25	19,5
29/03/2000	04:00:25	18,3
29/03/2000	06:00:25	18,9
29/03/2000	08:00:25	18,7

Estación convencional

Datos inter- horarios (°C)	Interpretados de bandas Fecha	Hora
19,1	26/03/2000	14:00
20,8	26/03/2000	16:00
19,9	26/03/2000	18:00
18,3	26/03/2000	20:00
17,8	26/03/2000	22:00
17,6	26/03/2000	24:00
17,6	27/03/2000	02:00
17,8	27/03/2000	04:00
17,9	27/03/2000	06:00
19,0	27/03/2000	08:00
21,0	27/03/2000	10:00
24,0	27/03/2000	12:00
24,3	27/03/2000	14:00
26,2	27/03/2000	16:00
24,0	27/03/2000	18:00
20,9	27/03/2000	20:00
20,5	27/03/2000	22:00
20,0	27/03/2000	24:00
19,9	28/03/2000	02:00
18,8	28/03/2000	04:00
18,9	28/03/2000	06:00
19,2	28/03/2000	08:00
24,5	28/03/2000	10:00
26,0	28/03/2000	12:00
27,0	28/03/2000	14:00
27,0	28/03/2000	16:00
26,0	28/03/2000	18:00
24,2	28/03/2000	20:00
21,5	28/03/2000	22:00
20,6	28/03/2000	24:00
20,4	29/03/2000	02:00
19,8	29/03/2000	04:00
19,0	29/03/2000	06:00
18,9	29/03/2000	08:00



## **ANEXO 10.A**

### **Recomendaciones de la OMM para la medición meteorológica automática**

#### **WMO N° 862, ANEXO 1.**

#### **CANTIDADES Y ESPECIFICACIONES PARA SUS MEDICIONES**

Se incluyen especificaciones de ejecución que se consideran mínimas o deseables, sin limitación a un método de medición específico o tipo de sensor, aunque, en algunos casos, las especificaciones pueden disminuir la opción a un solo tipo de sensor, si no a un solo modelo de sensor.

Debe especificarse que la consideración de un sensor específico para ejecutar la medición puede tener un efecto considerable en parámetros tales como costos iniciales, costos y requisitos de mantenimiento y calibración, y habilidades y experiencia técnicas requeridas. Será necesario hacer una evaluación de estos parámetros contra los límites a ser impuestos en el sistema. Por ejemplo, el hecho de ser insuficiente al cumplir los requisitos del fabricante o las prácticas estándar para sensores individuales, comprometiendo así las especificaciones dadas, es altamente indeseable para el mantenimiento propuesto o para el esquema de calibración para el sistema como un todo.

Algunos tópicos generales con respecto a sensores son:

#### **Calibración**

- Los requisitos de calibración especificados por el fabricante deben ser observados estrictamente, sin embargo sería prudente consultar con la Agencia Meteorológica Nacional para discutir la suficiencia de los procedimientos y la frecuencia de los mismos.
- En algunos casos, el monitoreo de calidad de los datos resultantes puede suministrar información útil sobre el estado del instrumento.

#### **Mantenimiento**

- Al igual que con la calibración de los sensores, el fabricante de éstos suministrará los requisitos de mantenimiento que estén asociados con las características operacionales y de ejecución del instrumento. La falta de cumplimiento en el seguimiento de estas pautas puede comprometer la integridad, valor y exactitud de los datos asociados.
- Se recomienda que los esquemas o pautas de mantenimiento y limpieza especificados por el fabricante del sensor se observen estrictamente. Esto significará que muchos sensores sean totalmente inadecuados para las EMA propuestas para aplicaciones remotas o no frecuentemente atendidas. Los instrumentos ópticos que requieren la limpieza y/o secado (requieren agentes deshumidificadores) de sus elementos ópticos, a menudo están en esta categoría.

- En algunos casos el monitoreo de calidad de los datos resultante puede suministrar información útil sobre el estado del instrumento.
- Algunos sensores tienen revisiones de ejecución e indicadores incorporados que deberían ser usados siempre que sea posible.

#### **Requisitos de Confiabilidad General De los Sensores**

- Será necesario hacer una evaluación de la habilidad del sensor para cumplir con las condiciones a las cuales será impuesto, en equilibrio con el régimen de mantenimiento propuesto.
- En general, es deseable que los sensores pudiesen ser capaces de operar por 2 ó 3 años sin intervención técnica física, sin embargo esto variará ampliamente de sensor a sensor.

#### **Especificaciones de sensores: TEMPERATURA DEL AIRE (BULBO SECO)**

**USO DE DATOS:** Meteorología, clima, ingeniería, agricultura, aviación, marina, etc.

**UNIDADES DE MEDICIÓN:** Grados Celsius (°C)

#### **CARACTERISTICAS DE LOS SENSORES:**

**Rango de Operación:** Propósito General, -60 hasta +60 °C. Rangos alternativos pueden especificarse como adecuados a las condiciones locales.

**Tiempo de Respuesta:** Aproximadamente 30 a 60 segundos para 63% de respuesta.

#### **SISTEMA SENSOR Y DE MEDICIÓN:**

**Resolución:** 0,1 °C

**Incertidumbre:**  $\pm 0,3^\circ$  ;  $\pm 0,2^\circ$  preferidos para uso psicrométrico en particular cuando se usa para propósitos de pronóstico de niebla<sup>1</sup>.

**Período de Integración:** 1 minuto.

#### **EXPOSICIÓN GENERAL DE SENSORES:**

Dentro de un cobertizo adecuado para el instrumento, altura de 1,25 a 2,0 metros preferiblemente. Para mayor exactitud, una pantalla ventilada artificialmente con una velocidad de paso de aire por el sensor de entre 2,5 y 10 m/s. Ubicación en suelo típico del terreno circundante. Ninguna obstrucción debería estar más cerca de 4 veces la altura de tal obstrucción.

---

<sup>1</sup> Para el pronóstico de niebla, es necesario lograr la exactitud más alta posible en las mediciones de la temperatura. Para este propósito preferiblemente la Depresión de Bulbo Húmedo debe ser medida directamente en vez de ser obtenida como la diferencia de mediciones separadas de la temperatura del aire y del la temperatura de bulbo húmedo.

Especificaciones de sensores: **PRECIPITACION (LLUVIA Y NIEVE)**<sup>2</sup>

**USO DE DATOS:** Meteorología, clima, hidrología, ingeniería, agricultura, etc.

**UNIDADES DE MEDICIÓN:** Milímetros (mm).

**CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES:**

**Rango de Operación:** Ilimitado; salida de impulso eléctrico por cada 0,2 mm de lluvia.

**Tiempo de Respuesta:** En capacidad de operar en proporciones hasta 1 pulso por segundo.

**Apertura del Medidor:** Apertura circular, 203 mm o 127 mm de diámetro preferido.

**Otro:** La nieve no es fácil de medir y las prácticas/técnicas locales deberían discutirse con el Servicio de Meteorología Nacional.

**SISTEMA DE SENSORES Y MEDICIONES:**

**Resolución:** 0,2 mm

**Incertidumbre:**  $\pm 0,2$  mm ó  $\pm 3\%$  de lectura, el que sea mayor, preferido;  $\pm 5\%$  aceptable en proporciones de lluvia hasta 300 mm/hora<sup>3 4</sup>.

**Otro:** Para algunas aplicaciones, la intensidad de la lluvia puede necesitar ser derivada. Para ciertas aplicaciones, se requerirá de un algoritmo para filtrar los efectos de bombeo de aire y de la evaporación.

**EXPOSICION GENERAL DE SENSORES:**

El borde colector del medidor debe ser montado a una altura estándar, dependiendo de la práctica local (por ejemplo: nivel del suelo, medidor *pit* ó 300 mm). Puede elevarse en áreas propensas a la inundación o para colocarlo fuera del alcance del vandalismo en las ECA. Las obstrucciones al flujo de aire libre sobre el medidor no deberían estar más cerca de 4 veces su altura sobre el medidor.

---

<sup>2</sup> *Nótese que en localidades sin personal, donde haya grandes poblaciones de aves u otras fuentes de desechos que pudiesen bloquear el medidor, puede ser difícil lograr datos de lluvia buenos y confiables.*

<sup>3</sup> *Se recomienda un instrumento de control de proporción, por ejemplo, un sifón para las localidades con alta precipitación (>200 mm/hr), ya que ciertos diseños de los medidores son propensos a errores considerables en esta proporciones. Esto afectará la determinación de la proporción de la lluvia en determinado grado.*

<sup>4</sup> *En determinadas circunstancias puede ser apropiado el uso de un parabrisas para reducir la inexactitud de la medición causada por el viento. Contacte al Servicio de Meteorología Nacional para asesoramiento.*

Especificaciones de sensores: **RADIACION SOLAR - TOTAL**

**USO DE DATOS:** Modelos de presupuesto de Energía, agricultura. etc.

**UNIDADES DE MEDICION:** Vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) para valores instantáneos (irradiación); Joules por metro cuadrado ( $J/m^2$ ) para integrales (exposición).

**CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES:**

**Rango de Operación:** 0 a  $1500-W/m^2$

**Tiempo de Respuesta:** Aproximadamente 60 s por 99% de repuesta. Respuesta Espectral: 0,3 a  $3 \mu m$  para un sensor tipo termopila.

**SISTEMA DE SENSORES Y MEDICION:**

**Resolución:**  $5 W/m^2$  parra irradiación,  $1MJ/m^2/d$

**Incertidumbre:**  $\pm 5\%$  in los totales diarios (integrados),  $\pm 10\%$  puede ser adecuado para ciertas aplicaciones<sup>5</sup>.

**Período de Integración:** 1 día, a menos que el usuario especifique algo diferente. Los tiempos de integración (comienzo y final) a ser basados en Tiempo Solar a menos que se especifique algo diferente.

**EXPOSICIÓN GENERAL DE LOS SENSORES:**

Para una elevación solar mayor de  $5^\circ$ , las sombras no deben caer en el sensor; no debe haber oscurecimiento de más de 3% del cielo sobre un plano horizontal a través del sensor; debe evitarse la ubicación cerca de superficies blancas o altamente reflectoras. Se requiere de fácil acceso para la limpieza y revisión regulares.

---

<sup>5</sup> Debe notarse que la medición de datos solares requiere de un trabajo cuidadoso y de frecuente limpieza / revisión de los sensores y, en el mejor de los casos, el mérito de medir tales datos en una ECA sin personal es marginal.

## ANEXO 10.B

### Parámetros recomendados por la OMM (Manual N° 8) para la medición convencional

Summary of accuracy requirements for surface measurements

Element	Synoptic	Aerological meteorology	Synoptic meteorology	Marine meteorology	Hydrology	Agricultural meteorology
<b>I. Cloud</b>						
1. Cloud amount	$\pm 1/10$ or $\pm 1/20$	$\pm 1/10$	$\pm 1/10$	—	—	—
2. Height of cloud base	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\pm 30</math> m up to 1 000 m</li> <li>• <math>\pm 300</math> m from 1 000 m to 9 000 m</li> <li>• <math>\pm 500</math> m from 9 000 m to 21 000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\pm 15</math> m up to 150 m</li> <li>• <math>\pm 10\%</math> from 150 m to 300 m</li> <li>• <math>\pm 20\%</math> above 300 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ <math>\pm 10</math> m up to 100 m</li> <li>+ <math>\pm 10\%</math> above 100 m</li> </ul>	—	—	—
3. Direction of cloud movement	—	—	$\pm 10^\circ$	—	—	—
<b>II. Atmospheric pressure</b>						
1. Pressure	$\pm 0.1$ hPa	$\pm 0.5$ hPa	$\pm 0.1$ hPa	$\pm 0.1$ hPa	—	—
2. Tendency	—	—	$\pm 0.2$ hPa	$\pm 0.2$ hPa	—	—
<b>III. Temperature</b>						
1. Dry bulb temperature	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	$\pm 1.0^\circ\text{C}$	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.1^\circ\text{C}$
2. Extremes	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	—	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	—	—	$\pm 0.5^\circ\text{C}$
3. Sea surface temperature	$0.2^\circ\text{C}$	—	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	—	—
<b>IV. Humidity</b>						
1. Wet bulb temperature	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	—	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	—	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	—
2. Relative humidity	$\pm 3\%$	—	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\pm 0\%</math> up to 50%</li> <li><math>\pm 2\%</math> above 50%</li> </ul>	—	—	$\pm 1\%$
3. Dew point	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	$\pm 1^\circ\text{C}$	—	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	—	$\pm 0.1^\circ\text{C}$
4. Vapour pressure	$\pm 0.2$ hPa	—	—	—	—	—

Element	Climatology	Aerological meteorology	Dynoptic meteorology	Marine meteorology	Navigation	Agricultural meteorology
<b>V. Wind</b>	*		+			
1. Direction	$\pm 10^\circ$	* $\pm 10^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 5^\circ$	—	* $\pm 10^\circ$
2. Speed	$\pm 0.5 \text{ m s}^{-1}$	—	* $\pm 0.5 \text{ m s}^{-1}$ up to $10 \text{ m s}^{-1}$ $\pm 10\%$ above $5 \text{ m s}^{-1}$	$\pm 1 \text{ kt}$ up to $20 \text{ kt}$ $\pm 5\%$ above $20 \text{ kt}$	—	$\pm 10\%$ above $1 \text{ m s}^{-1}$
3. Speed components	$\pm 0.5 \text{ m s}^{-1}$	* $\pm 1 \text{ kt}$ up to $10 \text{ kt}$ and $\pm 10\%$ thereafter	as for speed	—	—	—
4. Variations from the mean surface wind		$\pm 2 \text{ kt}$ , in terms of longitudinal and lateral components				
<b>VI. Precipitation</b>						
1. Total amount between two observations	0.1 mm up to 10 mm 2% for larger amounts	—	$\pm 0.2 \text{ mm}$ up to 10 mm, $\pm 2\%$ above 10 mm	$\pm 0.2 \text{ mm}$ up to 10 mm $\pm 2\%$ above 10 mm	* $\pm 2 \text{ mm}$ up to 40 mm $\pm 2\%$ above 40 mm	0.2 mm up to 10 mm $\pm 2\%$ for greater amounts
2. Intensity	$\pm 0.5 \text{ mm h}^{-1}$ up to $25 \text{ mm h}^{-1}$ 2% for greater amounts	—	* $\pm 0.02 \text{ mm h}^{-1}$ below $2 \text{ mm h}^{-1}$ $\pm 0.2 \text{ mm h}^{-1}$ between 2 mm and $10 \text{ mm h}^{-1}$ $\pm 2\%$ above $10 \text{ mm h}^{-1}$	—	$\pm 1 \text{ mm h}^{-1}$ <small>*Note: values from 2 to 20 mm h<sup>-1</sup> are not used as general criteria but a mean value over 2 minutes is the usual practice.</small>	$\pm 5\%$ over periods of 15 minutes
3. Depth of snow	* $\pm 1 \text{ cm}$	—	$\pm 1 \text{ cm}$ below 20 cm $\pm 5\%$ above 20 cm	—	$\pm 2 \text{ cm}$ up to 20 cm $\pm 10\%$ above 20 cm	$\pm 10\%$ of absolute value
4. Density of snow	$\pm 0.01 \text{ g cm}^{-3}$					
5. Water equivalent of snow cover					$\pm 2 \text{ mm}$ up to 20 mm $\pm 10\%$ above 20 mm	
<b>VII. Pan evaporation</b>	$\pm 0.1 \text{ mm}$ up to 10 mm $\pm 2\%$ for larger amounts				$\pm 0.5 \text{ mm}$	
<b>VIII. Radiation</b>						
1. Sunshine duration	$\pm 0.1 \text{ h}$ in any hour					
2. Solar radiation	$\pm 1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$					
3. Net radiation					$\pm 0.4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ up to $8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ $\pm 5\%$ above $8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$	

Element	Climatology	Aeronautical meteorology	Synoptic meteorology	Marine meteorology	Aviation	Agricultural meteorology
IX. Visibility	+0.1 km up to 5 km 1 km from 5 km to 30 km 5 km from 30 km to 70 km	= 50 m up to 500 m ± 10% from 500 to 1 500 m = 20% above 1 500 m • ± 25 m up to 150 m = 25 m between 150 m and 500 m = 100 m between 500 m and 1 000 m = 200 m above 1 000 m	+ ± 10 %	—	—	—
X. Runway visual range						
XI. Waves						
1. Wave period	—	—	—	± 0.5 seconds	—	—
2. Wave height	—	—	—	± 10 %	—	—
	+ ½ minute mean value is required. The minimum values are to be observed in all directions.	* Measurements required to be representative (1) for take-off, of the whole runway, (2) for landing, of the runway from the threshold up to 1 500 m.	† To be observed simultaneously in the same detailed under temperature.			

## ANEXO 11

### Subrutinas para el programa de manejo estadístico de datos

""(REQUERIDO 1) Creación de variable de rangos de agrupación:

```
RECODE
  var_ecc
  (Lowest thru 1=1) (1 thru 2=2) (2 thru 3=3) (3 thru 4=4) (4 thru 5=5) (5
thru 6=6) (6 thru 7=7) (7 thru 8=8) (8 thru 9=9) (9 thru Highest=10) INTO
  rgo_var .
VARIABLE LABELS rgo_var 'Rangos de var_ECC'.
EXECUTE .
```

""(REQUERIDO 2) Creación de variables de diferencias positivas, nulas y negativas:

```
IF (ema_ecc = 0) dif_nul = ema_ecc .
VARIABLE LABELS dif_nul 'Diferencias EMA-ECC Nulas' .
EXECUTE .
```

```
IF (ema_ecc > 0) dif_pos = ema_ecc .
VARIABLE LABELS dif_pos 'Diferencias EMA-ECC Positivas' .
EXECUTE .
```

```
IF (ema_ecc < 0) dif_neg = ema_ecc .
VARIABLE LABELS dif_neg 'Diferencias EMA-ECC Negativas' .
EXECUTE .
```

""1A-Resumen de características de diferencias (realizar para todas las variables de REQUERIDO 2):

```
SUMMARIZE
  /TABLES=ema_ecc
  /FORMAT=NOLIST TOTAL
  /TITLE='Case Summaries' /FOOTNOTE ''
  /MISSING=TABLE
  /CELLS=COUNT MEAN MEDIAN MIN MAX RANGE STDDEV SKEW .
```

""2A-Creación de variables de conteo de casos en nuevo archivo(diferencias):

```
COMPUTE n_break = NVALID(ema_ecc).
AGGREGATE
  /OUTFILE='C:\Spss\T_files\T_num.sav'
  /BREAK=n_break
  /n_total = N(ema_ecc) /n_pos = N(dif_pos) /n_neg = N(dif_neg) /n_nul =
N(dif_nul).
```

""Cómputo de porcentajes (realizar para todas las variables de 2A)

```
COMPUTE pos_p100 = n_pos / n_total * 100 .
VARIABLE LABELS pos_p100 'Dif. Positivas' .
EXECUTE .
```

""2B-Creación de gráfico de torta de número de casos:

GRAPH

```
/PIE=SUM(pos_p100) SUM(neg_p100) SUM(nul_p100)
/MISSING=LISTWISE
/TEMPLATE='C:\Spss\pie.sct'
/TITLE= 'Porcentajes de Diferencias EMA-ECC positivas y negativas'.
```

""2C-Creación de gráfico de barras apiladas de diferencias positivas y negativas según rangos

GRAPH

```
/BAR(STACK)=N(dif_pos) N(dif_neg) BY rgo_t_2
/TEMPLATE='C:\Spss\stacbar.sct'
/MISSING=VARIABLEWISE .
```

""3-Resumen de características de diferencias (realizar para todas las variables de 1A) discriminadas por rango:

SUMMARIZE

```
/TABLES=ema_ecc BY rgo_var
/FORMAT=NOLIST TOTAL
/TITLE='Variable'
/FOOTNOTE ''
/MISSING=TABLE
/CELLS=COUNT MEAN MEDIAN MIN MAX RANGE STDDEV SKEW .
```

""4-Case Summary (BOXPLOT OPCIONAL) de diferencias positivas y negativas discriminadas por rangos:

EXAMINE

```
VARIABLES=dif_pos dif_neg BY rgo_var /COMPARE VARIABLE
/PLOT=BOXPLOT
/STATISTICS=NONE/NOTOTAL
/MISSING=PAIRWISE REPORT.
```

""5-Gráficos ErrorBar de Medias y Desviaciones estándar de diferencias discriminadas por rangos (realizar para todas las variables de 1A):

GRAPH

```
/ERRORBAR( STDDEV 1 )=dif_neg BY rgo_var
/TITLE= 'Diferencias Negativas según rangos de Variable'
/TEMPLATE='C:\Spss\med_sd.sct'
/MISSING=VARIABLEWISE.
```

""6-Realizar 2C, 3, 4, 5 según variable HORA

"" (REQUERIDO 8A)--Generar variable para definir tendencia de elemento:

```
DO IF ( ~ ec2_ec1 = 0) .
```

```
RECODE
```

```
ec2_ec1
```

```
(Lowest thru 0=0) (0 thru Highest=1) INTO tendenci .
```

```
VARIABLE LABELS tendenci 'Ascensos (1) y Descensos (0)'.  
END IF .
```

```
EXECUTE .
```

""8B-Realizar 2C, 4A, 3 según variable TENDENCI

""9A-Elaboración de histogramas de diferencias (promedios generales) para estudiar normalidad gráficamente:

FREQUENCIES

VARIABLES=ema\_ecc

/STATISTICS=RANGE MINIMUM MAXIMUM SKEWNESS

/HISTOGRAM NORMAL

/ORDER ANALYSIS .

## ANEXO 12.A

### Planillas de datos de radiación solar de la ECC

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**Dpto. de Ingeniería Hidrometeorológica**

**Estación Climatológica U.C.V.**

Serial: **0539**

**SERIE DE RADIACIÓN SOLAR TOTAL**

**MARZO 2000**

Registro de Promedios Horarios (cal/cm<sup>2</sup>/min)

Registro de Promedios Horarios (W/m<sup>2</sup>)

Factor de escala de tiempo (K): 60 min/lapso  
 Factor corrección por Lat. (C): 1,04

Fecha			
Hora	29	30	31
06-07			
07-08	0,04	0,13	0,04
08-09	0,28	0,32	0,45
09-10	0,41	1,06	0,91
10-11	0,98	1,04	1,11
11-12	1,22	1,06	1,24
12-13	1,17	1,15	1,28
13-14	0,91	1,26	0,69
14-15	0,58	0,56	0,82
15-16	0,34	0,82	0,87
16-17	0,34	0,72	0,63
17-18	0,30	0,26	0,21
18-19	0,02	0,04	0,02
19-20			

SUMA      6,59   8,42   8,27  
 S×K×C   411,2   525,4   516  
 S en J/cm<sup>2</sup>   1722   2200   2161

Fecha			
Hora	29	30	31
06-07	0	0	0
07-08	28	91	28
08-09	195	223	314
09-10	286	740	635
10-11	684	726	775
11-12	851	740	865
12-13	816	803	893
13-14	635	879	482
14-15	405	391	572
15-16	237	572	607
16-17	237	502	440
17-18	209	181	147
18-19	28	28	14
19-20	0	0	0



## ANEXO 12.B

### Planillas de datos de temperatura de la ECC

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
Dpto. de Ingeniería Hidrometeorológica

Estación Climatológica U.C.V.

Serial: 0539

#### SERIE DE TEMPERATURA DEL AIRE (°C)

MARZO 2000

Registro BI-Horario

Fecha																											
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
02:00	18,0	18,2	18,7	19,3	19,9	18,9		16,0	16,6	16,0	18,0	19,6	18,9	18,1	18,9	19,0	18,8	16,2	18,5	18,8	18,0	19,4	18,0	18,3	18,9	17,5	17,6
04:00	17,6	18,3	18,2	18,9	19,9	18,3	17,5	15,2	16,0	15,0	16,4	19,2	18,8	18,0	18,5	19,0	18,3	15,0	18,0	18,4	17,0	18,5	17,6	18,6	18,9	17,7	17,8
06:00	17,5	18,0	18,3	17,9	19,5	18,2	17,0	15,0	15,1	14,2	16,1	19,0	18,8	18,0	18,4	19,0	17,1	14,3	18,0	18,0	16,0	17,6	17,0	18,8	18,9	17,6	17,9
08:00	19,2	18,4	19,0	20,2	22,0	20,0	16,5	18,0	18,8	15,5	17,8	19,9	18,8	19,0	20,2	20,3	18,1	16,3	18,5	18,0	17,0	18,9	19,8	18,4	19,0	18,0	19,0
10:00	22,9	19,8	20,8	24,8	25,9	23,5	23,0	23,9	24,6	21,9	21,6	22,0	24,4	22,9	23,5	23,5	21,5	23,2	21,1	24,0	23,8	23,5	26,2	19,2	20,2	19,1	21,0
12:00	23,9	22,2	23,6	27,8	28,9	27,2	26,1	26,8	27,0	25,7	24,4	26,0	27,0	26,4	24,9	24,7	25,8	26,3	25,5	27,0	27,8	27,2	27,0	19,2	23,2	20,0	24,0
14:00	23,2	23,5	25,4	26,6	29,0	27,3	27,0	29,0	28,3	27,3	25,0	27,7	28,4	27,4	26,8	25,6	27,6	26,9	27,0	27,3	29,8	27,0	27,1	20,4	23,3	19,1	24,3
16:00	23,9	23,6	25,0	26,5	28,6	25,1	25,4	26,0	27,0	25,9	25,0	27,0	25,8	25,9	25,5	24,9	28,2	26,2	27,5	27,8	27,4	24,0	26,0	19,7	20,9	20,8	26,2
18:00	22,5	22,0	23,9	24,6	25,3	23,5	22,0	21,0	21,0	24,8	22,9	24,2	23,3	23,2	23,0	23,5	25,2	24,5	25,0	23,3	23,0	20,7	22,0	19,9	20,0	19,9	24,0
20:00	20,9	20,0	20,1	21,8	22,5		18,8	19,4	19,6	21,0	21,0	22,0	20,3	20,7	20,1	20,3	20,0	20,1	21,0	20,6	20,4	19,7	20,1	19,9	19,0	18,3	20,9
22:00	19,7	19,2	20,2	20,3	20,0		17,5	18,5	17,9	19,8	20,1	19,9	19,2	19,0	19,6	19,3	18,1	19,1	19,8	20,1	20,1	18,9	19,3	19,8	18,8	17,8	20,5
24:00	19,2	18,4	20,0	20,0	19,1		16,0	17,8	16,8	18,8	20,0	19,1	18,5	18,7	19,2	19,2	16,2	18,8	19,3	19,4	20,0	18,1	18,5	19,2	18,0	17,6	20,0
Min	17,6	18,0	18,1	17,7	19,5	18,0		14,7	15,1	14,1	16,0	19,0	18,4	18,0	18,4	18,9	17,0	19,0	18,0	16,9	15,9	17,6	16,7	17,9	18,9	17,5	17,6
hora:	3:00	6:00	3:00	5:45	6:30	5:30		7:00	6:00	6:15	5:00	5:00	7:00	5:00	5:00	1:00	6:00	7:00	6:00	7:00	7:00	6:15	6:30	6:30	4:00	2:30	2:00
Máx	25,0	24,8	26,0	28,0	30,0	27,3	28,0	29,2	29,1	27,7	25,5	28,2	28,3	28,0	27,0	26,8	28,6	28,0	29,0	29,5	30,3	28,3	27,4	20,6	23,7	21,0	26,3
hora:	15:00	15:00	14:45	12:00	14:45	12:00		13:30	15:00	14:45	12:15	15:00	14:00	14:30	15:00	15:00	16:15	12:45	15:30	14:45	15:00	13:00	14:30	13:45	13:45	16:30	16:00
MEDIA	20,7	20,1	21,1	22,4	23,4	22,4	20,6	20,6	20,7	20,5	20,7	22,1	21,9	21,4	21,6	21,5	21,2	20,6	21,6	21,9	21,7	21,1	21,6	19,3	19,9	18,6	21,1

## ANEXO 12.C

### Planillas de datos de precipitación de la ECC

Estación Climatológica U.C.V.

Serial: **0539**

#### SERIE DE PRECIPITACIÓN DIARIA

**1999 - 2000**

Registro en mm

Mes										
Fecha	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dic-99	Ene-00	Feb-00	Mar-00	Abr-00	Jun-00	
1	15,5	4,1	0,0	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	7,5	0,0	9,0	4,2	0,0	0,0	1,1	0,0	1,2	
3	0,0	0,0	0,0	4,0	0,8	0,0	0,0	0,0	1,0	
4	0,0	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	1,0	16,3	0,0	5,4	8,4	4,0	2,2	0,0	0,0	
6	3,8	34,7	0,2	0,0	1,6	0,0	0,0	0,9	0,0	
7	10,0	0,5	1,7	2,2	0,2	0,0	0,0	0,0	9,1	
8	8,4	0,0	1,2	14,5	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	
9	1,0	11,9	0,0	5,5	0,0	0,2	0,0	0,0	15,7	
10	8,7	2,2	0,0	6,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	
11	8,1	0,0	0,4	3,9	9,8	0,0	0,0	0,0	0,4	
12	0,3	3,9	0,0	17,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	42,0	2,2	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	
14	1,0	0,4	0,0	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
15	0,0	0,5	0,0	62,7	2,5	0,0	0,0	0,0	8,6	
16	0,0	0,0	3,8	32,8	0,2	0,0	0,0	3,2	0,4	
17	0,5	12,5	7,2	0,8	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
18	0,0	34,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	
19	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
20	0,0	33,2	4,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
21	0,0	0,0	1,2	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0		
22	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0		
23	15,3	6,5	0,0	9,2	0,0	0,0	4,6	0,0		
24	0,8	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	2,9	0,0		
25	3,7	0,2	3,3	0,0	0,2	11,4	7,1	0,0		
26	4,2	0,0	2,0	0,0	0,0	2,7	18,8	0,0		
27	0,0	1,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
28	0,0	0,4	16,2	0,0	0,0	17,7	17,2	0,0		
29	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,8	0,8	0,0		
30	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0		0,0	0,0		
31		0,0		5,0	0,0		0,0			
<b>Total Mensual</b>	<b>131,8</b>	<b>179,8</b>	<b>59,3</b>	<b>201,2</b>	<b>52,8</b>	<b>37,0</b>	<b>54,7</b>	<b>4,1</b>	<b>37,5</b>	

### ANEXO 13.A

Sumarios de diferencias de Radiación Solar discriminadas por rangos de medición, horas del día y tendencias del elemento

**Tabla I**

*Sumario estadístico de diferencias EMA-ECC discriminadas por rangos de Radiación Solar en la ECC*

#### **Diferencias según rangos de Radiación Solar Total - 29/03 al 27/04/2000**

##### **Diferencias de Radiación Solar EMA-ECC**

<b>Rangos de R.S. en ECC (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coef. de Asimetría</b>
0-100	100	19,30	14,35	-29,92	132,53	162,45	29,00	1,653
100-200	29	6,80	21,28	-110,06	73,19	183,25	52,43	-,804
200-300	32	-6,36	-16,15	-157,79	187,09	344,89	70,29	,856
300-400	33	11,63	-9,98	-134,07	313,04	447,11	108,95	1,305
400-500	26	4,57	-4,48	-236,08	368,72	604,80	123,29	,646
500-600	38	-7,66	-28,62	-226,45	246,80	473,25	96,78	,787
600-700	44	-10,46	-6,41	-218,99	152,83	371,82	72,90	-,404
700-800	30	28,35	29,61	-126,64	184,56	311,20	73,34	-,021
800-900	42	26,45	38,46	-194,96	132,02	326,98	65,00	-1,543
900-1000	4	6,74	16,68	-62,21	55,79	118,00	51,61	-,916
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>9,69</b>	<b>10,87</b>	<b>-236,08</b>	<b>368,72</b>	<b>604,80</b>	<b>73,84</b>	<b>,436</b>

**Tabla II***Sumario estadístico de valores absolutos de diferencias discriminados por rangos de Radiación Solar en la ECC***Valores Abs. de Diferencias según rangos de Radiación Solar Total - 29/03 al 27/04/2000**

Valor Absoluto de Diferencias

Rangos de R.S. en ECC ( $W/m^2$ )	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desviación Estándar	Coef. de Asimetría
0-100	100	23,99	15,53	,12	132,53	132,41	25,21	2,370
100-200	29	43,92	39,86	,96	110,06	109,10	28,28	,536
200-300	32	50,65	33,56	2,51	187,09	184,58	48,31	1,544
300-400	33	76,45	47,18	6,28	313,04	306,76	77,34	1,823
400-500	26	81,55	43,87	1,74	368,72	366,97	91,13	1,699
500-600	38	70,66	38,26	4,27	246,80	242,53	65,58	1,394
600-700	44	51,57	34,11	,97	218,99	218,02	52,01	1,567
700-800	30	61,89	46,91	4,41	184,56	180,15	47,41	,753
800-900	42	57,33	47,20	1,89	194,96	193,07	39,68	1,409
900-1000	4	38,39	45,13	1,09	62,21	61,11	27,55	-1,057
Total	378	51,08	32,82	,12	368,72	368,60	54,13	2,231

**Tabla III***Sumario estadístico de diferencias positivas discriminados por rangos de Radiación Solar en la ECC***Diferencias Positivas según rangos de Radiación Solar Total - 29/03 al 27/04/2000**

DIF\_POS

Rangos de RS en ECC (W/m <sup>2</sup> )	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. estándar	Coef. de asimetría
0-100	79	27,4	18,3	,1	132,5	132,4	27,1	2,086
100-200	20	36,8	34,1	1,0	73,2	72,2	23,3	,026
200-300	12	59,1	30,2	2,5	187,1	184,6	62,6	1,267
300-400	16	90,8	51,2	6,3	313,0	306,8	102,2	1,379
400-500	13	86,1	46,5	1,7	368,7	367,0	103,1	2,033
500-600	12	99,7	79,1	12,6	246,8	234,2	83,6	,755
600-700	19	47,6	35,4	1,0	152,8	151,9	46,1	1,402
700-800	20	67,7	47,8	4,7	184,6	179,9	50,4	,704
800-900	32	55,0	47,2	12,3	132,0	119,7	28,9	,895
900-1000	2	45,1	45,1	34,5	55,8	21,3	15,1	,
Total	225	51,0	33,3	,1	368,7	368,6	56,3	2,539

**Tabla IV**

*Sumario estadístico de diferencias negativas discriminados por rangos de Radiación Solar en la ECC*

**Diferencias Negativas según rangos de Radiación Solar Total - 29/03 al 27/04/2000**

DIF\_NEG

Rangos de RS en ECC (W/m <sup>2</sup> )	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. estándar	Coef. de asimetría
0-100	21	-11,2	-9,2	-29,9	-,9	29,0	7,4	-,899
100-200	9	-59,8	-42,6	-110,1	-25,0	85,1	33,1	-,382
200-300	20	-45,6	-36,3	-157,8	-2,9	154,9	38,3	-1,599
300-400	17	-62,9	-47,2	-134,1	-10,0	124,1	42,0	-,388
400-500	13	-77,0	-41,2	-236,1	-10,7	225,4	81,4	-1,169
500-600	26	-57,2	-34,8	-226,4	-4,3	222,2	51,9	-1,706
600-700	25	-54,6	-32,8	-219,0	-1,7	217,3	56,8	-1,625
700-800	10	-50,3	-40,6	-126,6	-4,4	122,2	40,6	-,654
800-900	10	-64,9	-42,9	-195,0	-1,9	193,1	64,9	-1,083
900-1000	2	-31,7	-31,7	-62,2	-1,1	61,1	43,2	,
Total	153	-51,1	-32,8	-236,1	-,9	235,2	51,0	-1,620

**Tabla V**

*Sumario estadístico de diferencias EMA-ECC de Radiación Solar discriminadas por horas de ocurrencia*

<b>Diferencias EMA-ECC según horas del día - 29/03 al 27/04/2000</b>								
<b>Diferencias de Radiación Solar EMA-ECC</b>								
<b>HORA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Coef. de asimetría</b>
7,00	29	24,23	25,14	8,38	40,30	31,92	8,95	,101
8,00	29	43,38	36,39	-26,15	132,53	158,68	37,30	,420
9,00	29	10,01	10,42	-85,14	168,87	254,01	50,14	,785
10,00	29	-7,80	-18,52	-140,75	313,04	453,79	84,63	2,119
11,00	29	-,92	-9,62	-151,21	246,80	398,01	73,24	1,363
12,00	29	33,91	35,93	-147,98	184,56	332,54	78,21	-,514
13,00	29	22,55	31,59	-194,96	238,36	433,32	87,78	-,150
14,00	29	12,50	12,29	-218,99	368,72	587,70	100,46	1,111
15,00	29	9,43	14,36	-226,45	211,08	437,52	88,90	-,460
16,00	29	32,63	12,62	-100,54	291,75	392,29	94,85	1,081
17,00	29	-35,23	-24,99	-236,08	116,62	352,70	84,73	-,683
18,00	30	-22,37	-9,96	-157,79	66,31	224,10	48,06	-1,177
19,00	29	4,76	7,50	-29,92	32,76	62,68	11,88	-,666
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>9,69</b>	<b>10,87</b>	<b>-236,08</b>	<b>368,72</b>	<b>604,80</b>	<b>73,84</b>	<b>,436</b>

**Tabla VI**

*Sumario estadístico de valores absolutos de diferencias discriminados por horas de ocurrencia (Radiación Solar)*

**Valores Abs. de Diferencias según horas del día - 29/03 al 27/04/2000**

Valor Absoluto de Diferencias

HORA	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. Estándar	Coef. de Asimetría
7,00	29	24,23	25,14	8,38	40,30	31,92	8,95	,101
8,00	29	46,30	36,39	1,25	132,53	131,28	33,46	,828
9,00	29	37,26	31,88	1,74	168,87	167,13	34,35	2,114
10,00	29	52,43	30,54	,97	313,04	312,07	66,17	2,581
11,00	29	49,92	35,63	2,23	246,80	244,58	52,76	2,413
12,00	29	68,97	50,69	14,33	184,56	170,23	48,80	,771
13,00	29	71,96	58,42	1,89	238,36	236,47	53,55	1,462
14,00	29	66,74	44,83	1,09	368,72	367,62	75,11	2,693
15,00	29	63,85	40,07	5,00	226,45	221,45	61,41	1,473
16,00	29	71,39	52,14	5,78	291,75	285,97	69,43	1,764
17,00	29	67,54	46,08	,96	236,08	235,11	61,16	1,419
18,00	30	33,46	15,58	,89	157,79	156,90	40,87	1,631
19,00	29	10,64	9,90	,12	32,76	32,64	6,88	1,856
Total	378	51,08	32,82	,12	368,72	368,60	54,13	2,231

**Tabla VII**

*Sumario estadístico de diferencias positivas discriminadas por horas de ocurrencia (Radiación Solar)*

**Estadísticos para diferencias Positivas de Radiación Solar según Horas de ocurrencia**

DIF\_POS

HORA	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. Estándar	Coef. de Asimetría
7,00	29	24,23	25,14	8,38	40,30	31,92	8,95	,101
8,00	25	52,01	51,46	7,15	132,53	125,39	32,33	,792
9,00	19	36,07	24,54	1,74	168,87	167,13	38,93	2,345
10,00	10	64,72	17,43	,97	313,04	312,07	101,34	2,029
11,00	11	64,60	37,94	14,47	246,80	232,33	70,70	2,206
12,00	21	71,04	55,18	14,33	184,56	170,23	47,45	,918
13,00	18	76,14	59,69	25,67	238,36	212,69	53,28	1,828
14,00	17	67,59	38,90	4,70	368,72	364,02	84,67	3,092
15,00	16	66,41	53,51	7,85	211,08	203,22	55,64	1,472
16,00	16	94,27	70,87	9,78	291,75	281,97	84,06	1,143
17,00	10	46,85	46,30	,96	116,62	115,65	33,18	,818
18,00	12	13,86	8,92	1,06	66,31	65,25	17,78	2,670
19,00	21	10,63	9,90	,12	32,76	32,64	6,55	1,800
Total	225	51,05	33,31	,12	368,72	368,60	56,29	2,539

**Tabla VIII**

*Sumario estadístico de diferencias negativas discriminadas por horas de ocurrencia (Radiación Solar)*

**Estadísticos para diferencias Negativas de Radiación Solar según Horas de ocurrencia**

DIF\_NEG

HORA	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. Estándar	Coef. de Asimetría
8,00	4	-10,60	-7,49	-26,15	-1,25	24,91	10,87	-1,473
9,00	10	-39,52	-34,82	-85,14	-2,86	82,27	25,10	-,552
10,00	19	-45,96	-32,81	-140,75	-1,70	139,06	39,34	-1,428
11,00	18	-40,95	-29,05	-151,21	-2,23	148,98	37,68	-1,592
12,00	8	-63,54	-32,49	-147,98	-15,68	132,30	55,21	-,712
13,00	11	-65,14	-51,00	-194,96	-1,89	193,07	55,87	-1,201
14,00	12	-65,53	-51,69	-218,99	-1,09	217,89	62,68	-1,381
15,00	13	-60,71	-33,11	-226,45	-5,00	221,45	70,08	-1,651
16,00	13	-43,23	-31,71	-100,54	-5,78	94,75	29,31	-,700
17,00	19	-78,43	-41,84	-236,08	-6,60	229,48	70,03	-1,092
18,00	18	-46,53	-21,36	-157,79	-,89	156,90	46,82	-1,076
19,00	8	-10,65	-7,78	-29,92	-3,25	26,68	8,18	-2,303
Total	153	-51,13	-32,80	-236,08	-,89	235,18	50,97	-1,620

**ANEXO 13.B**

**Sumarios de diferencias de Temperatura discriminadas por rangos de medición y horas del día**

**Tabla IX**

*Sumario estadístico de diferencias EMA-ECC discriminadas por rangos de Temperatura en la ECC*

<b>Temperatura</b>								
<b>Diferencia EMA - ECC</b>								
<b>Rangos de Temp. en ECC (°C)</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>	<b>Desv. estándar</b>	<b>Coef. de asimetría</b>
14 - 15	2	-,55	-,55	-,70	-,40	,30	,21	,
15 - 16	1	-,60	,	-,60	-,60	,00	,	,
16 - 17	6	,40	-,50	-,70	2,70	3,40	1,53	1,041
17 - 18	24	-,30	-,40	-1,30	1,70	3,00	,53	2,281
18 - 19	37	-,30	-,30	-1,10	,80	1,90	,39	,145
19 - 20	45	-,34	-,20	-1,50	,70	2,20	,46	-,639
20 - 21	32	-,34	-,30	-1,60	1,50	3,10	,61	,723
21 - 22	11	,11	,10	-,60	1,40	2,00	,63	,933
22 - 23	8	-,47	-,50	-2,20	1,30	3,50	1,03	,092
23 - 24	15	,17	,20	-3,80	2,20	6,00	1,59	-,915
24 - 25	6	-1,03	-1,00	-2,20	,40	2,60	,98	,228
25 - 26	7	-,04	-,10	-2,10	1,00	3,10	1,05	-1,335
26 - 27	13	,15	-,20	-1,90	2,10	4,00	1,19	,283
27 - 28	12	,07	,15	-2,20	2,30	4,50	1,32	-,077
28 - 29	2	-,10	-,10	-,40	,20	,60	,42	,
29 - 30	3	-,10	,10	-,70	,30	1,00	,53	-1,458
<b>Total</b>	<b>224</b>	<b>-,21</b>	<b>-,20</b>	<b>-3,80</b>	<b>2,70</b>	<b>6,50</b>	<b>,83</b>	<b>,420</b>

**Tabla X**

*Sumario estadístico de valores absolutos de diferencias discriminados por rangos de Temperatura en la ECC*

**Temperatura**

Valores Absolutos de Diferencias

Rangos de Temp. en ECC (° C)	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. Estándar	Coef. de asimetría
14 - 15	2	,55	,55	,40	,70	,30	,21	.
15 - 16	1	,60	.	,60	,60	,00	.	.
16 - 17	6	1,17	,65	,40	2,70	2,30	,95	1,151
17 - 18	24	,48	,40	,00	1,70	1,70	,37	1,987
18 - 19	37	,38	,30	,00	1,10	1,10	,31	,718
19 - 20	45	,41	,20	,00	1,50	1,50	,39	1,151
20 - 21	32	,54	,40	,00	1,60	1,60	,43	,881
21 - 22	11	,45	,30	,10	1,40	1,30	,43	1,276
22 - 23	8	,88	,65	,20	2,20	2,00	,67	1,177
23 - 24	15	1,20	1,00	,10	3,80	3,70	1,01	1,192
24 - 25	6	1,17	1,00	,40	2,20	1,80	,78	,488
25 - 26	7	,73	,50	,10	2,10	2,00	,69	1,475
26 - 27	13	,95	,60	,20	2,10	1,90	,68	,828
27 - 28	12	1,03	,80	,10	2,30	2,20	,78	,557
28 - 29	2	,30	,30	,20	,40	,20	,14	.
29 - 30	3	,37	,30	,10	,70	,60	,31	,935
Total	224	,62	,50	,00	3,80	3,80	,60	1,825

**Tabla XI**

*Sumario estadístico de diferencias positivas discriminadas por rangos de Temperatura en la ECC*

<b>Diferencias Positivas según rangos de Temperatura</b>								
Diferencias EMA-ECC Positivas								
Rangos de Temp. ECC (°C)	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. estándar	Coef. de asimetría
16-17	2	2,35	2,35	2,00	2,70	,70	,49	,
17-18	3	,73	,40	,10	1,70	1,60	,85	1,493
18-19	5	,28	,10	,10	,80	,70	,30	1,838
19-20	7	,23	,10	,10	,70	,60	,22	2,075
20-21	6	,53	,25	,10	1,50	1,40	,55	1,386
21-22	6	,52	,25	,10	1,40	1,30	,55	1,115
22-23	2	,80	,80	,30	1,30	1,00	,71	,
23-24	8	1,29	1,35	,20	2,20	2,00	,78	-,146
24-25	1	,40	,	,40	,40	,00	,	,
25-26	3	,80	,90	,50	1,00	,50	,26	-1,458
26-27	6	1,20	1,05	,40	2,10	1,70	,76	,220
27-28	7	,94	,70	,10	2,30	2,20	,82	,880
28-29	1	,20	,	,20	,20	,00	,	,
29-30	2	,20	,20	,10	,30	,20	,14	,
Total	59	,77	,50	,10	2,70	2,60	,73	1,001

**Tabla XII**

*Sumario estadístico de diferencias negativas discriminadas por rangos de Temperatura en la ECC*

**Diferencias Negativas según rangos de Temperatura**

Diferencias EMA-ECC Negativas

Rangos de Temp. en ECC (°C)	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. estándar	Coef. de asimetría
14-15	2	-,55	-,55	-,70	-,40	,30	,21	.
15-16	1	-,60	.	-,60	-,60	,00	.	.
16-17	4	-,57	-,60	-,70	-,40	,30	,13	1,128
17-18	20	-,47	-,45	-1,30	-,10	1,20	,25	-1,701
18-19	27	-,47	-,40	-1,10	-,10	1,00	,29	-,708
19-20	32	-,52	-,45	-1,50	-,10	1,40	,40	-,949
20-21	25	-,56	-,50	-1,60	-,10	1,50	,41	-,806
21-22	5	-,38	-,50	-,60	-,10	,50	,26	,502
22-23	6	-,90	-,65	-2,20	-,20	2,00	,72	-1,402
23-24	7	-1,10	-1,00	-3,80	-,10	3,70	1,29	-1,880
24-25	5	-1,32	-1,10	-2,20	-,40	1,80	,76	-,126
25-26	4	-,68	-,25	-2,10	-,10	2,00	,95	-1,956
26-27	7	-,74	-,60	-1,90	-,20	1,70	,56	-1,707
27-28	5	-1,14	-,80	-2,20	-,20	2,00	,80	-,374
28-29	1	-,40	.	-,40	-,40	,00	.	.
29-30	1	-,70	.	-,70	-,70	,00	.	.
Total	152	-,61	-,50	-3,80	-,10	3,70	,53	-2,427

**Tabla XIII**

*Sumario estadístico de diferencias EMA-ECC discriminadas por horas del día (Temperatura)*

<b>Estadísticos para diferencias de Temperatura según horas de ocurrencia</b>								
Diferencia EMA - ECC								
HORA	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. estándar	Coef. de asimetría
,00	20	-,40	-,40	-1,30	,20	1,50	,37	-,365
2,00	20	-,42	-,50	-1,10	,20	1,30	,36	-,113
4,00	20	-,31	-,30	-1,50	,40	1,90	,43	-,979
6,00	20	-,43	-,40	-1,30	,10	1,40	,34	-,674
8,00	19	,26	,00	-,80	2,70	3,50	,94	1,415
10,00	17	,82	1,00	-,90	2,20	3,10	1,07	-,373
12,00	15	,67	,60	-,20	2,30	2,50	,64	1,123
14,00	16	,06	-,15	-,90	2,10	3,00	,86	1,397
16,00	18	-,54	-,35	-2,20	,60	2,80	,80	-,697
18,00	19	-,83	-,50	-3,80	,30	4,10	1,08	-1,293
20,00	20	-,65	-,55	-2,20	,10	2,30	,58	-1,160
22,00	20	-,41	-,40	-1,30	,20	1,50	,36	-,660
Total	224	-,21	-,20	-3,80	2,70	6,50	,83	,420

**Tabla XIV**

*Sumario estadístico de valores absolutos de diferencias discriminados por horas del día (Temperatura)*

<b>Estadísticos para Valores Abs. de diferencias de Temperatura según horas de ocurrencia</b>								
Valores Absolutos de Diferencias								
HORA	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. estándar	Coef. de asimetría
,00	20	,445	,400	,1	1,3	1,2	,303	1,128
2,00	20	,445	,500	,0	1,1	1,1	,330	,319
4,00	20	,385	,350	,0	1,5	1,5	,362	1,670
6,00	20	,445	,400	,0	1,3	1,3	,310	1,093
8,00	19	,621	,300	,0	2,7	2,7	,747	1,723
10,00	17	1,165	1,000	,2	2,2	2,0	,655	,170
12,00	15	,700	,600	,0	2,3	2,3	,608	1,360
14,00	16	,613	,550	,1	2,1	2,0	,585	1,652
16,00	18	,700	,400	,0	2,2	2,2	,654	1,169
18,00	19	,921	,500	,0	3,8	3,8	,998	1,567
20,00	20	,665	,550	,0	2,2	2,2	,566	1,261
22,00	20	,430	,400	,0	1,3	1,3	,339	,948
Total	224	,617	,500	,0	3,8	3,8	,597	1,825

**Tabla XV**

*Sumario estadístico de diferencias positivas discriminadas por horas del día (Temperatura)*

<b>Estadísticos para diferencias Positivas de Temperatura según horas de ocurrencia</b>								
<b>Diferencias EMA-ECC Positivas</b>								
<b>HORA</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>	<b>Desv. estándar</b>	<b>Coef. de asimetría</b>
.00	4	,13	,10	,10	,20	,10	,05	2,000
2,00	1	,20	.	,20	,20	,00	.	.
4,00	5	,16	,10	,10	,40	,30	,13	2,236
6,00	2	,10	,10	,10	,10	,00	,00	.
8,00	7	1,20	,80	,20	2,70	2,50	,95	,579
10,00	12	1,41	1,45	,30	2,20	1,90	,61	-,436
12,00	13	,79	,60	,10	2,30	2,20	,60	1,351
14,00	5	1,08	,70	,30	2,10	1,80	,81	,549
16,00	4	,35	,35	,10	,60	,50	,21	,000
18,00	4	,23	,25	,10	,30	,20	,10	-,855
20,00	1	,10	.	,10	,10	,00	.	.
22,00	1	,20	.	,20	,20	,00	.	.
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>,77</b>	<b>,50</b>	<b>,10</b>	<b>2,70</b>	<b>2,60</b>	<b>,73</b>	<b>1,001</b>

**Tabla XVI**

*Sumario estadístico de diferencias negativas discriminadas por horas del día (Temperatura)*

<b>Estadísticos para diferencias Negativas de Temperatura según horas de ocurrencia</b>								
Diferencias EMA-ECC Negativas								
HORA	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Desv. estándar	Coef. de asimetría
,00	16	-,53	-,50	-1,30	-,10	1,20	,29	-1,212
2,00	17	-,51	-,50	-1,10	-,10	1,00	,31	-,175
4,00	13	-,53	-,40	-1,50	-,10	1,40	,36	-1,684
6,00	17	-,51	-,40	-1,30	-,10	1,20	,29	-1,377
8,00	9	-,38	-,20	-,80	-,10	,70	,28	-,678
10,00	5	-,58	-,60	-,90	-,20	,70	,29	,307
12,00	1	-,20	.	-,20	-,20	,00	.	.
14,00	11	-,40	-,20	-,90	-,10	,80	,30	-,407
16,00	13	-,86	-,80	-2,20	-,10	2,10	,70	-,791
18,00	14	-1,19	-1,05	-3,80	-,10	3,70	1,04	-1,250
20,00	18	-,73	-,60	-2,20	-,10	2,10	,56	-1,277
22,00	18	-,47	-,45	-1,30	-,10	1,20	,34	-,890
Total	152	-,61	-,50	-3,80	-,10	3,70	,53	-2,427