

EPA/WMO/CCAD
Taller de entrenamiento centroamericano en Pronóstico de la
Calidad del Aire
Heredia, Costa Rica
17 al 21 de octubre , 2011

Instrumentación Meteorológica en Costa Rica

José Luis Araya López
Instituto Meteorológico Nacional (IMN)
Departamento de Redes Meteorológicas y
Procesamiento de Datos
jlaraya@imn.ac.cr

EPA/WMO/CCAD
Taller de entrenamiento centroamericano en Pronóstico de la
Calidad del Aire
Heredia, Costa Rica
17 al 21 de octubre , 2011

Instrumentación Meteorológica en Costa Rica

José Luis Araya López
Instituto Meteorológico Nacional (IMN)
Departamento de Redes Meteorológicas y
Procesamiento de Datos
jlaraya@imn.ac.cr

Objetivos de esta presentación

Discutir los siguientes aspectos sobre las mediciones meteorológicas en Costa Rica:

- Variables meteorológicas
 - Equipos
 - Redes existentes
- Pronóstico del tiempo

Breves aspectos históricos

•De acuerdo a los registros históricos, los primeros datos meteorológicos fueron medidos por el botánico, micólogo, zoólogo, biólogo marino danés, **A.S. Oersted (1816-1872)** quien inició una exploración geográfica en el Costa Rica en 1846. Sus investigaciones se publicaron en Copenhague en 1863 y sirvieron previamente para la descripción del país en la obra "Cosmos", del naturalista alemán **Alejandro Humboldt (1769-1859)**.



•El 7 de abril de 1888 se funda el Instituto Meteorológico Nacional, se nombra como Director al ingeniero, geógrafo, pintor, naturalista y botánico suizo Henry Pittier (1857-1950), quien dirigió el Instituto Físico-Geográfico, que incluía una **estación meteorológica**, un servicio de geografía y un museo de ciencias naturales. Se comienza con las **primeras observaciones sistemáticas de lluvia** y temperaturas de San José y el estudio del clima del país.

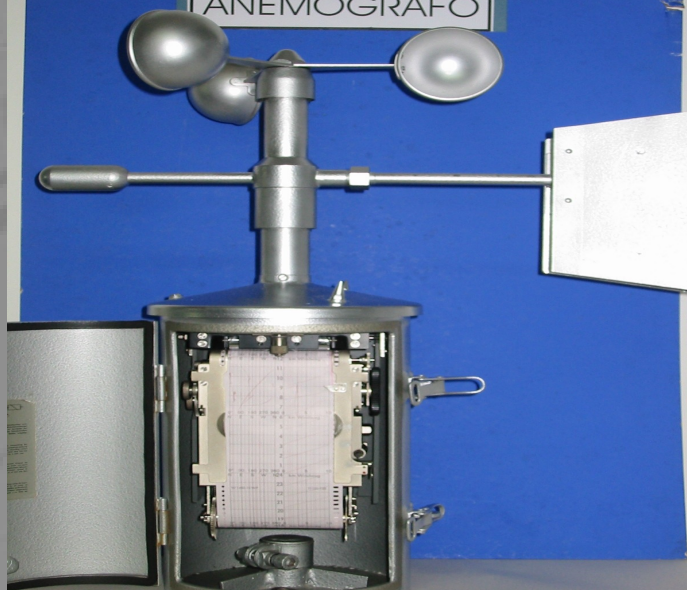
•Desde **1970**, y con el apoyo del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, auspiciado por la OMM, se renueva el equipo de medición, se instala una **red básica y 6 estaciones sinópticas**, se recupera y depura diversos datos meteorológicos y se establece una base de datos. El número de estaciones meteorológicas creció gradualmente hasta convertirse en una red propiamente dicha.

Algunos instrumentos usados en estaciones meteorológicas convencionales

ACTINOGRAFO



ANEMOGRAFO



HELIOGRAFO



HIGROTERMOGRAFO



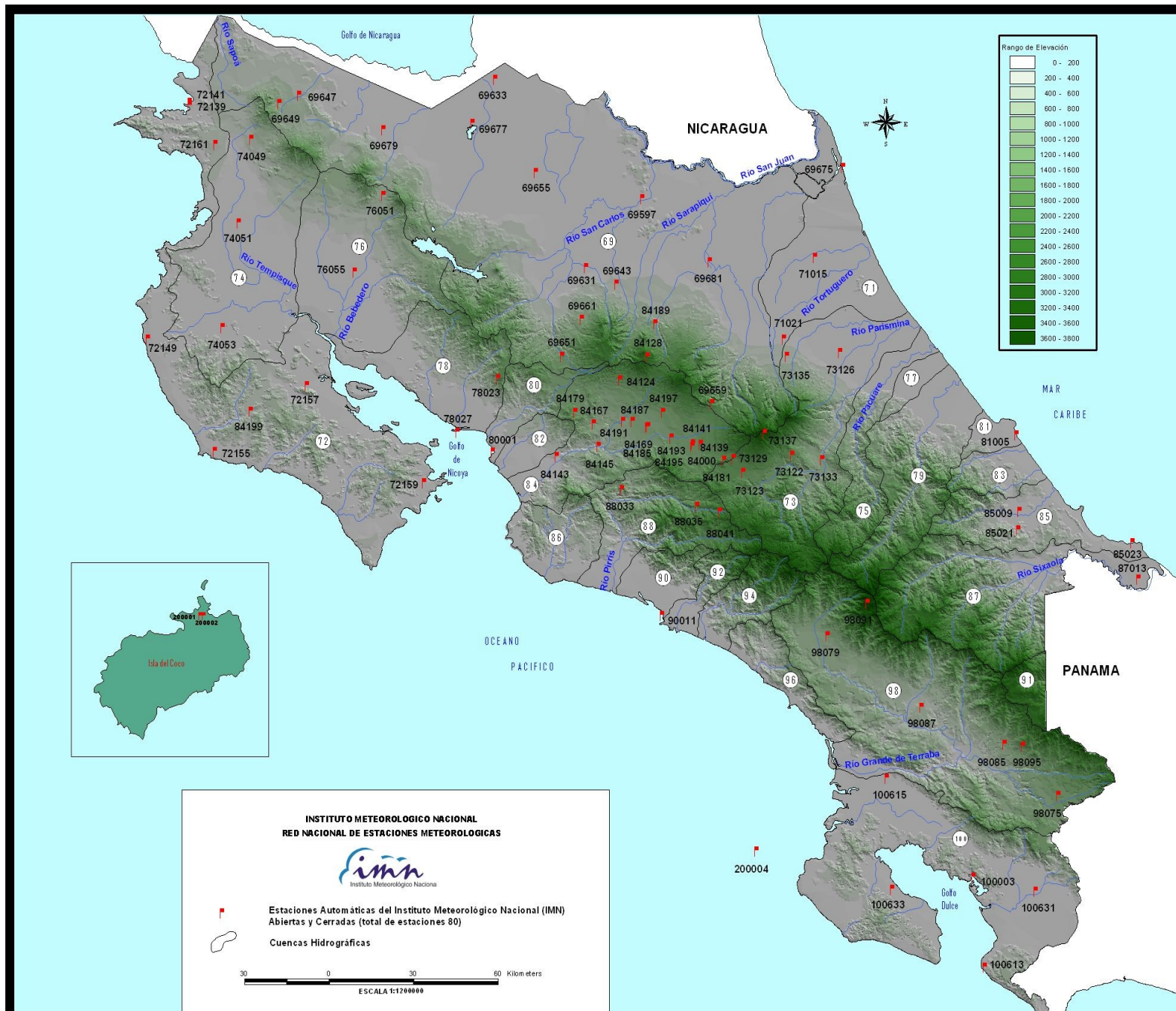
PLUVIOGRAFO



Red de estaciones meteorológicas automáticas

Esta red comenzó a funcionar en 1992. Tradicionalmente se ha usado equipos de medición Campbell Sci. acoplados con sensores y dispositivos periféricos fabricados por otras compañías. Actualmente, el número de estaciones automáticas instaladas en todo el país asciende a 70.

Distribución de la red meteorológicas automáticas del IMN en Costa Rica



Estación meteorológica Fraijanes. Alajuela, Costa Rica



Parámetros meteorológicos generados por la red de estaciones meteorológicas automáticas del Instituto Meteorológico Nacional

Parámetro meteorológico	Resolución				
	Horario	Diario	Mx	Mn	Pr/Tot
Temperatura superficial del aire	Si	Si	Si	Si	Si
Humedad relativa	Si	Si	Si	Si	Si
Radiancia	Si	No	Si	Si	Si
Precipitación	Si	No	No	No	Si
Viento (vel y dir)	Si	No	No	No	Si
Presión superficial del aire	Si	No	No	No	Si

Otras instituciones que cuentan con redes de observaciones meteorológicas

- Instituto Costarricense de electricidad (ICE)
 - CORBANA (Compañía bananera)
 - Universidad Nacional

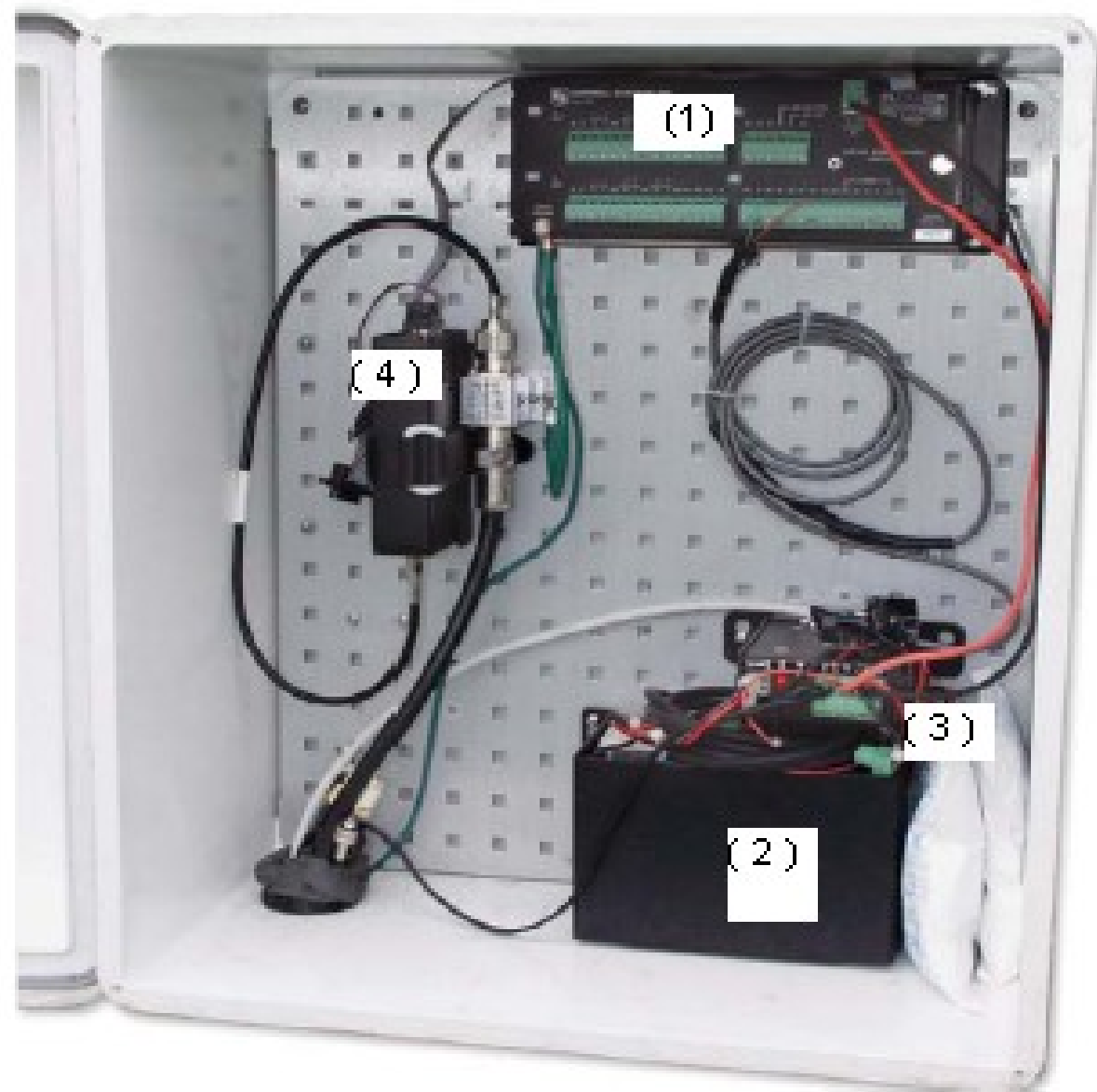
Tradicionalmente el equipo más utilizado por las redes de estaciones meteorológicas automáticas más extensas (ICE,IMN) ha sido el equipo provisto por Campbell Sci, el cual permite la conexión de una amplia variedad de instrumentos meteorológicos de diversas compañías.

(1) DataLogger (Incluye
Panel de alambrado y
Módulo CR 10X)

(2) Fuente de
alimentación de 12V

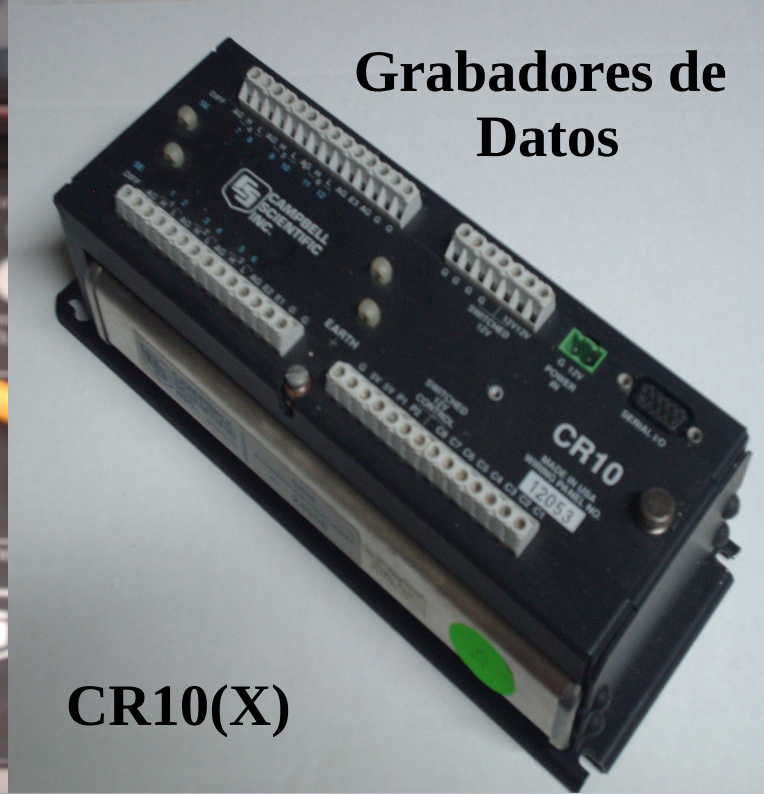
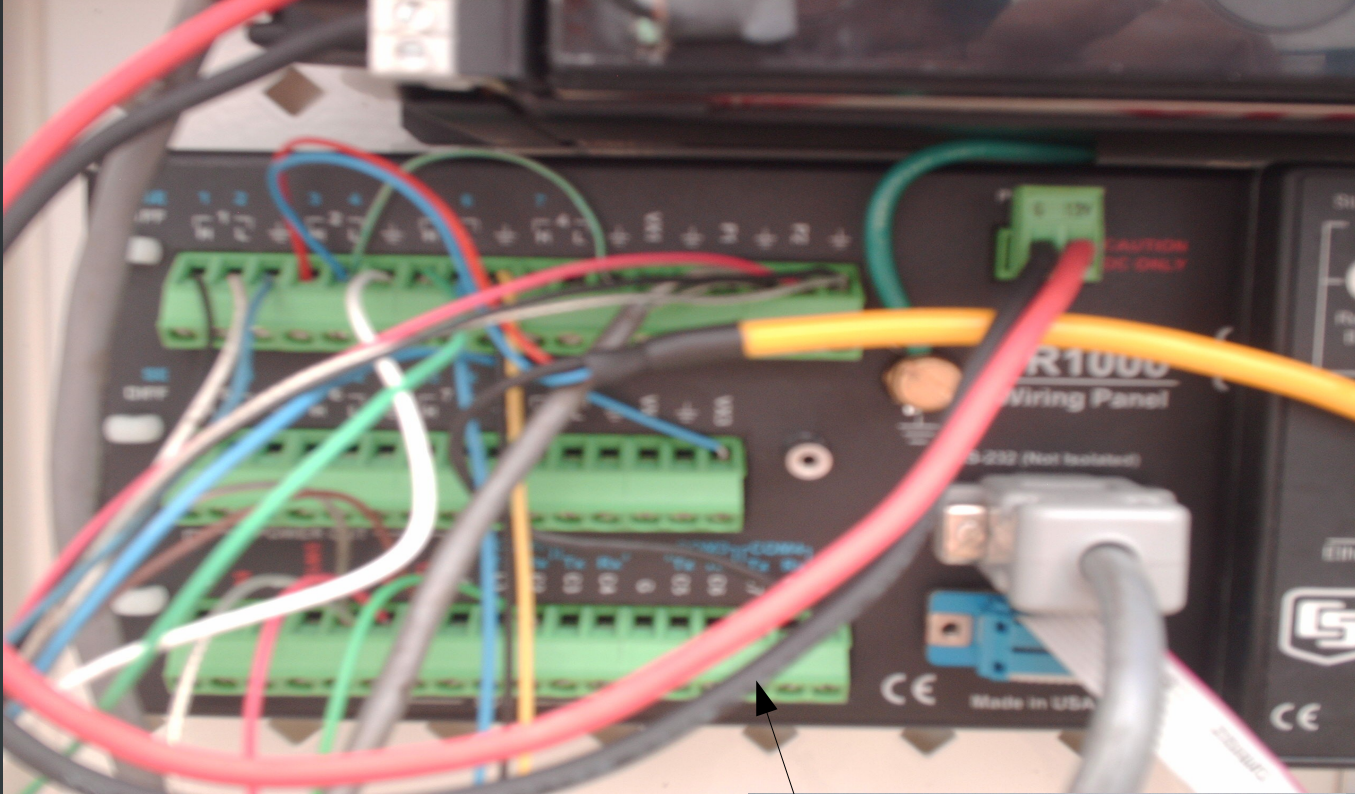
(3)Regulador de Voltaje

(4) Radio de transmisión
RF 400



Interior de la caja de protección de una EMA Campbell Sci. (Imagen cortesía de Campbell Sci Inc.)

Grabadores de Datos



CR10(X)



CR800



CR1000

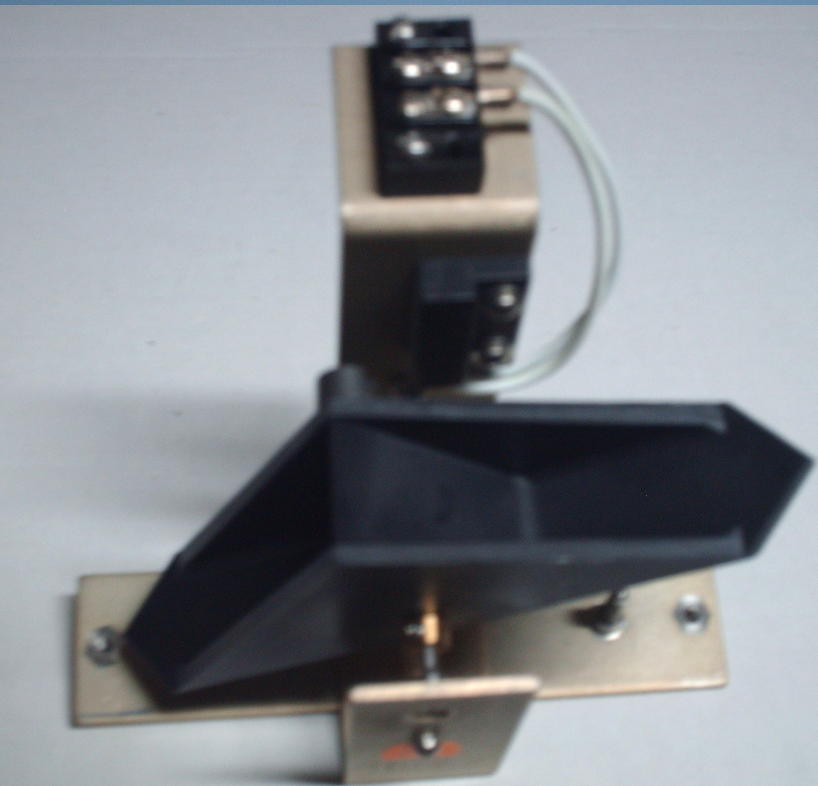
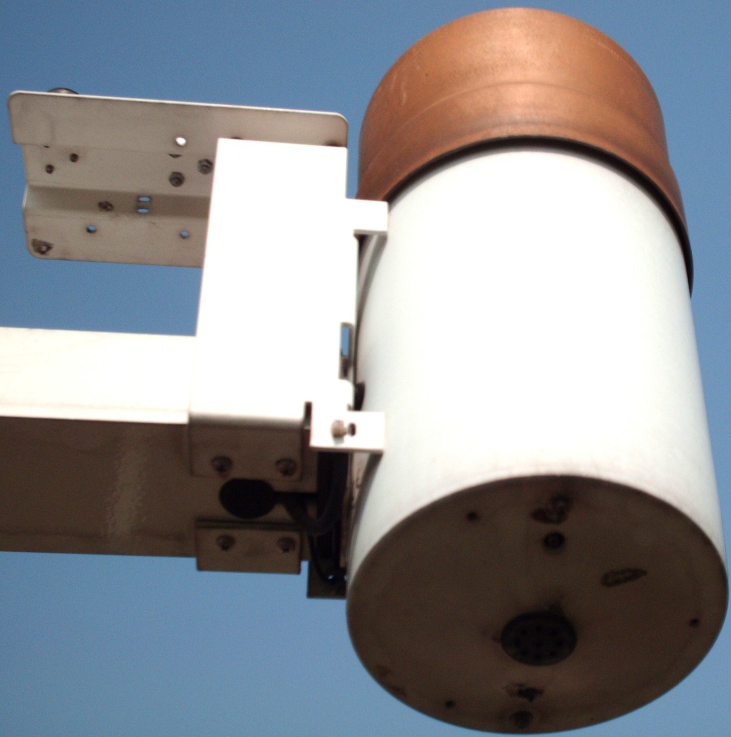


CR200

Midiendo temperatura y humedad relativa

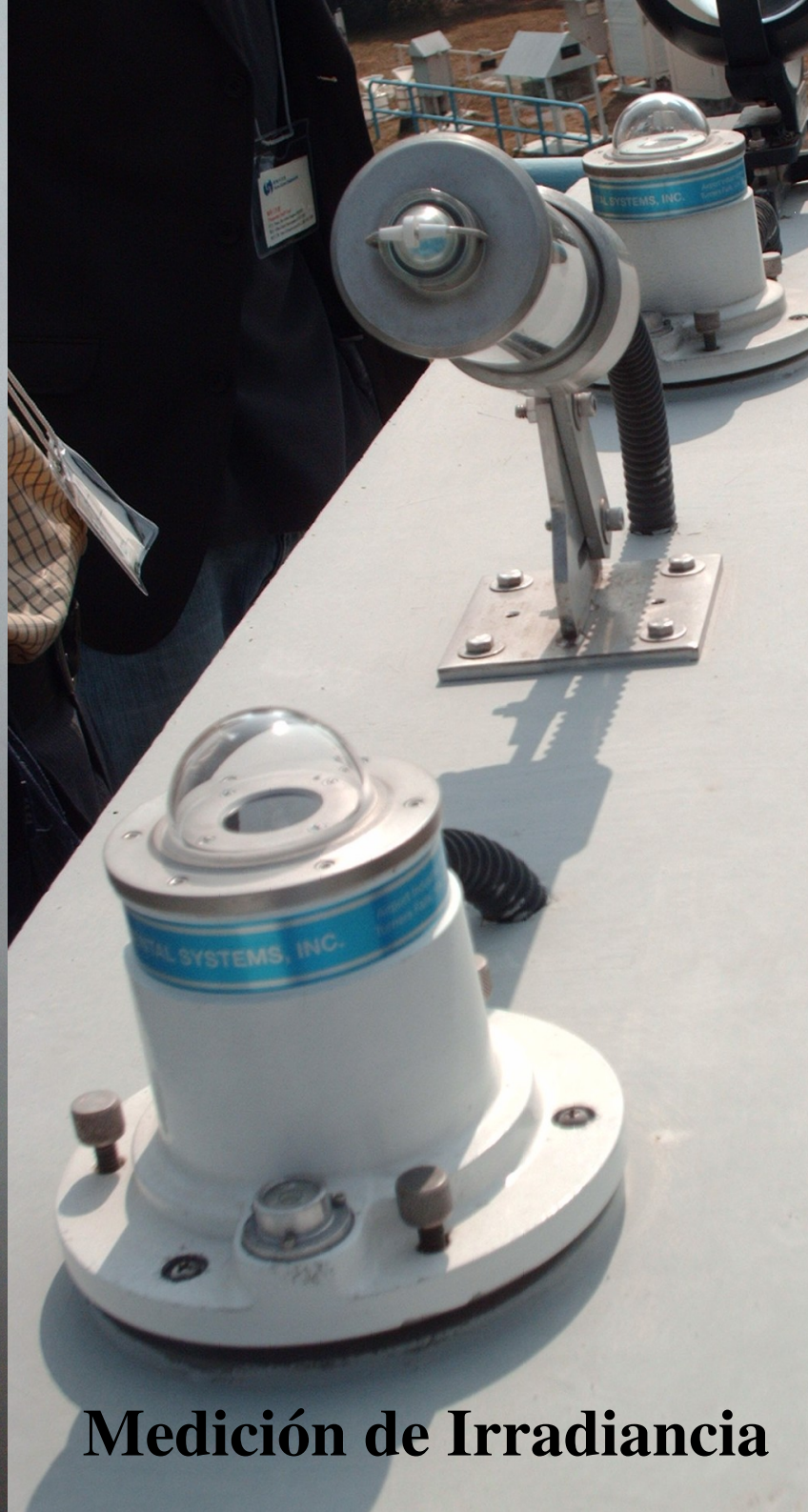
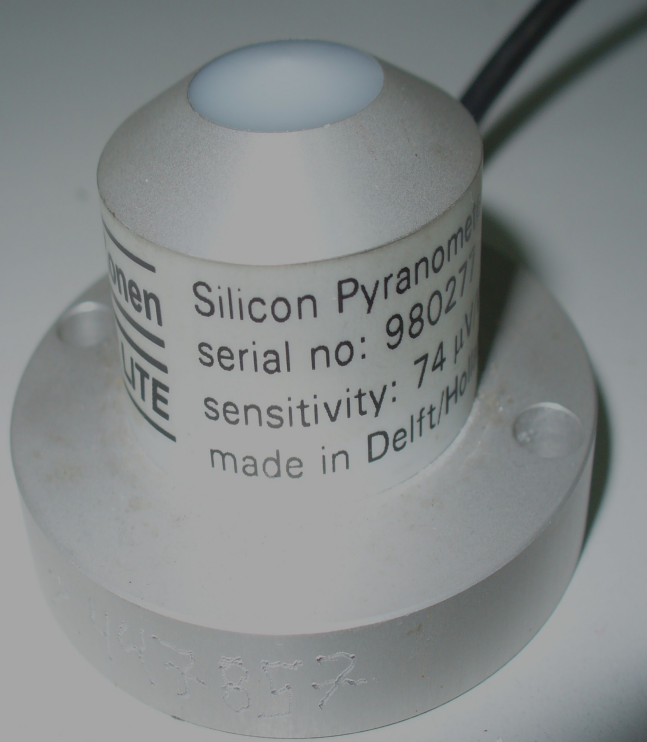


Pluviómetro de balancín





Transductor de alambre vibrante



Medición de Irradiancia

Anemómetro
sónico

Anemómetro de hèlice



Anemómetro y veleta

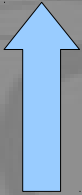


Sistemas de comunicación: transmisores

Telefonía
convencional



Transmisión por
ondas de radio

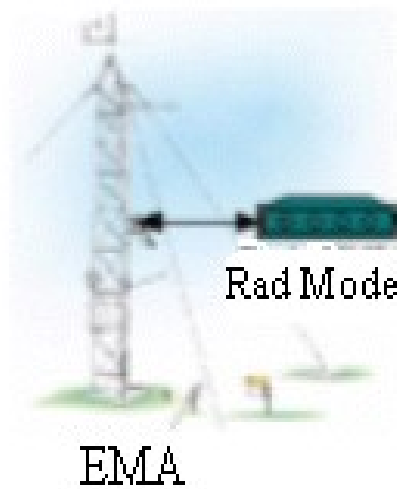


Transmisión
satelital

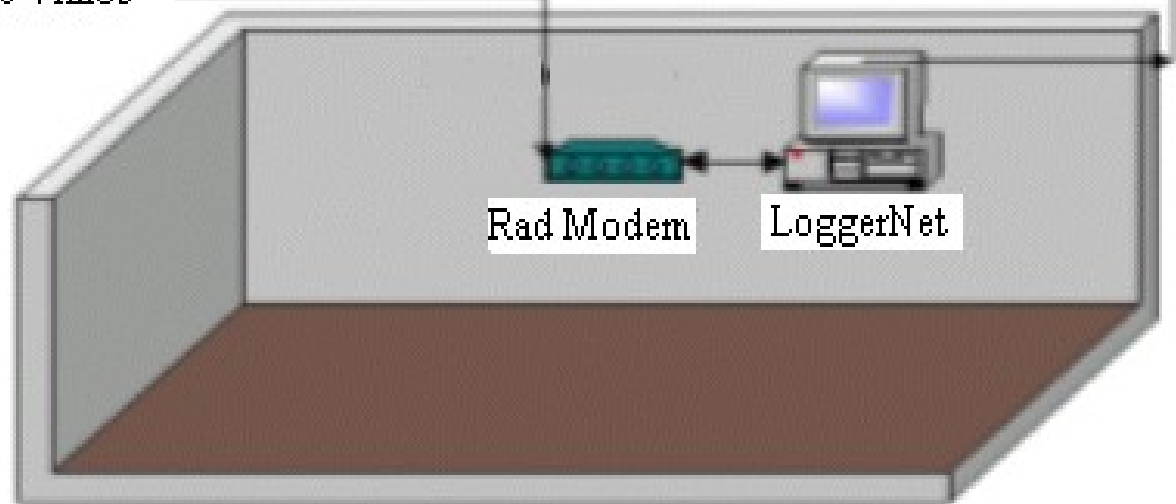


Ejemplo de sistema de conexión física entre estación meteorológica y computadora

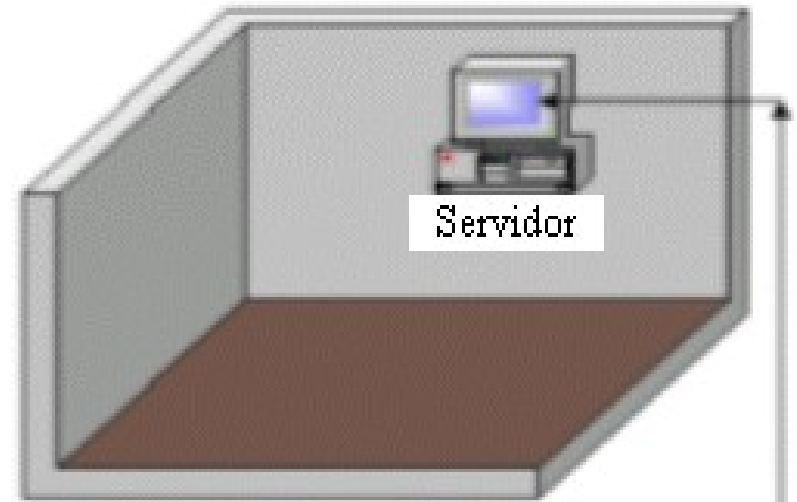
OPD en el IMN



Cable de 4 hilos

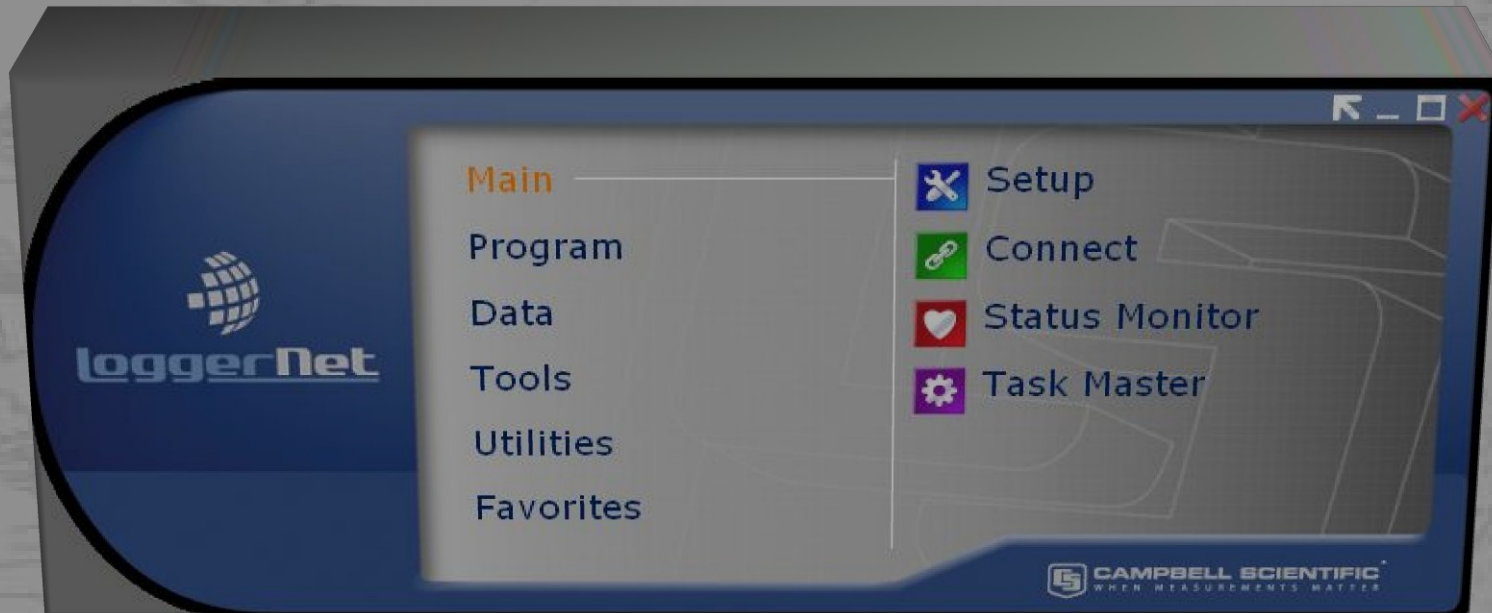


Oficina de Meteorología ubicada en el aeropuerto



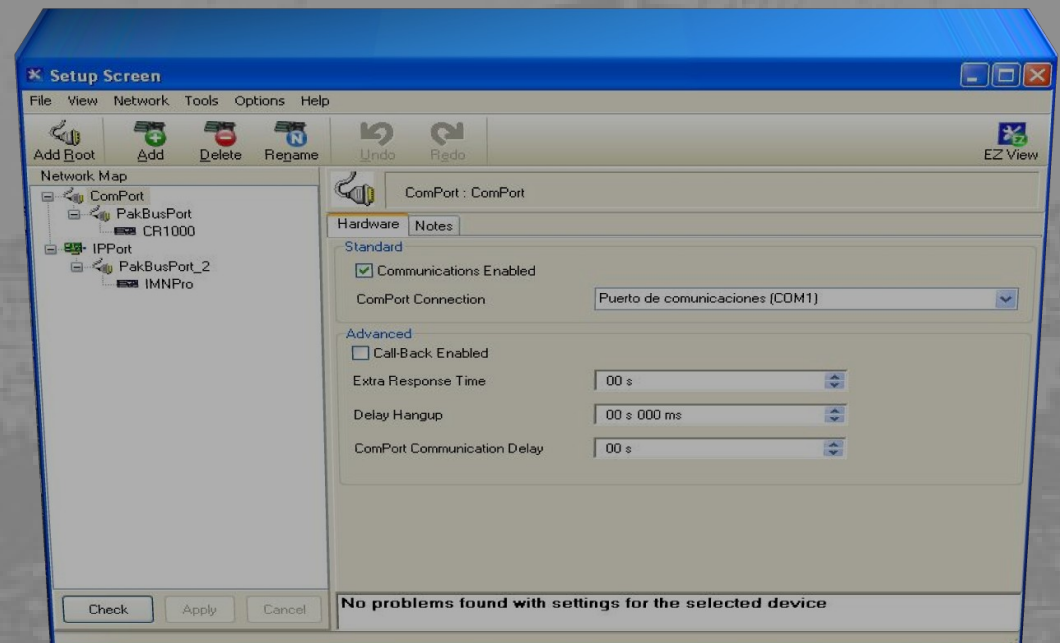
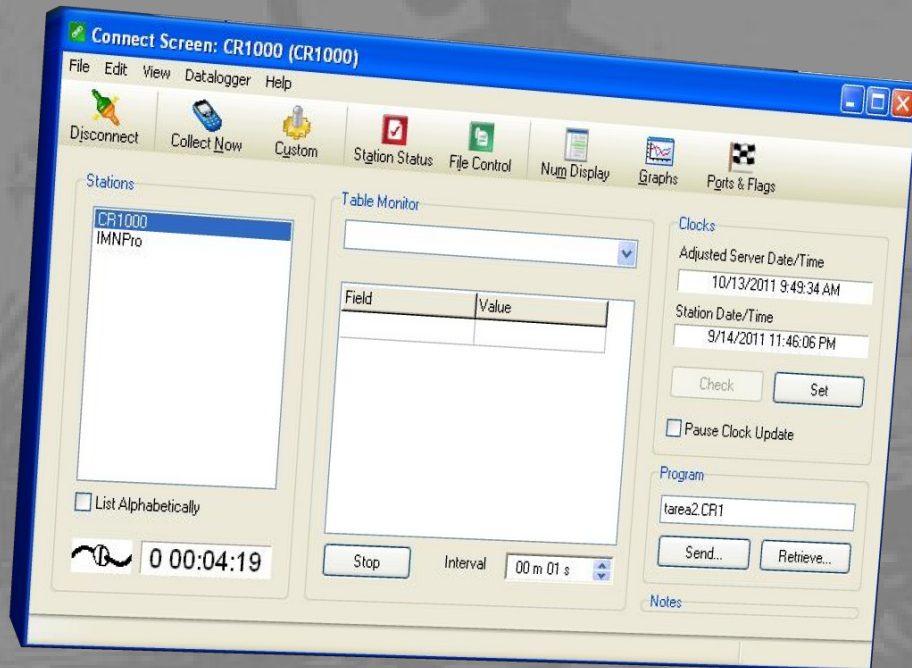
FTP: Envío de datos al servidor del IMN

Paquetes de vigilancia en tiempo real



Conectándose al grabador de datos...

Configurando el equipo...



Pantallas de vigilancia en tiempo real. Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. Alajuela, Costa Rica

Instituto Meteorológico Nacional
Estación meteorológica sinóptica del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría
Los datos observados se actualizaron por ultima vez a las **07:34 AM** del día **13/10 /2011**

Latitud: 10° 00'
Longitud: 84° 12'
Elevación: 932 msnm

Velocidad actual del viento:
7.2 Km/h
3.9 Kt
Ráfaga (Ultimos 2 min.)
5.2 Kt
Velocidad máxima del viento
(Desde las 12am de hoy)
11.6 Km/h



Temperatura actual
18.8 °C
Temperaturas extremas
(Desde 12am de hoy)
Máxima: 18.9 °C
Mínima: 18.0 °C

Humedad relativa actual
98%



Lluvia acumulada
Desde las 7am
0.0 mm
De 7am de ayer
a 7am de hoy:
47.6 mm

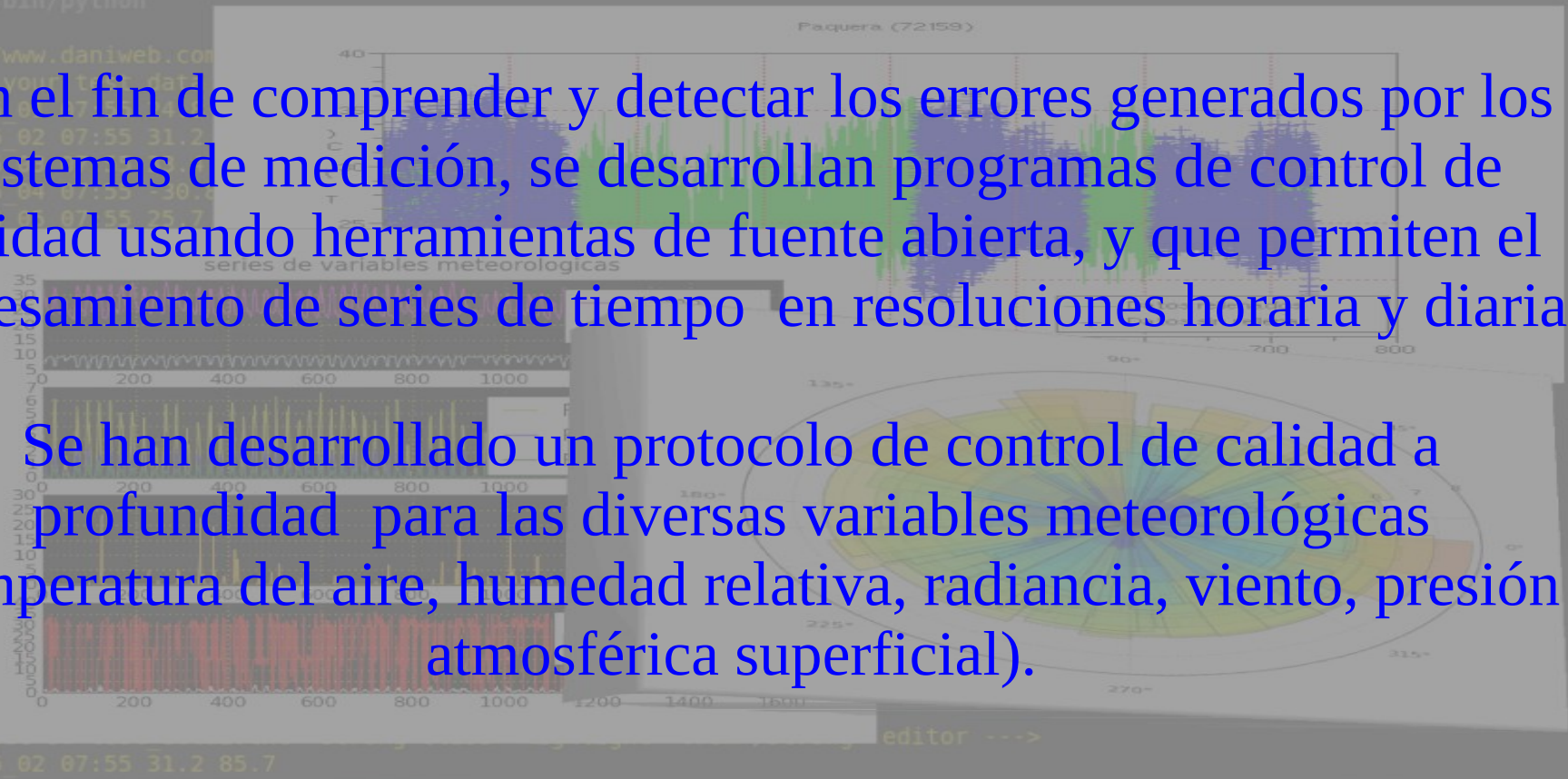
Presión
912.5 hPa
684.4 mm Hg
26.9 in Hg
QNH
1016.0 hPa
30.00 in Hg

Controles de calidad

```
1 #!/usr/bin/python
2 """
3 http://www.daniweb.com
4
5 2008 06 02 07:55 31.2
6 2008 06 02 07:55 30.4
7 2008 06 02 07:55 30.4
8 2008 06 02 07:55 25.7
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29 2008 06 02 07:55 31.2 85.7
```

Con el fin de comprender y detectar los errores generados por los sistemas de medición, se desarrollan programas de control de calidad usando herramientas de fuente abierta, y que permiten el procesamiento de series de tiempo en resoluciones horaria y diaria.

Se han desarrollado un protocolo de control de calidad a profundidad para las diversas variables meteorológicas (temperatura del aire, humedad relativa, radiancia, viento, presión atmosférica superficial).



Las primeras ideas sobre el control objetivo de la calidad fueron propuestas por Lev Gandin (1921-1997). El control de calidad de observaciones meteorológicas es fundamental con el fin de obtener conclusiones apropiadas en cualquier estudio. Por un lado, se acepta que cierta precisión en los datos es necesaria debido a su uso en los modelos numéricos, ya que se ha comprobado que una calidad del dato deficiente puede tener efectos importantes en las predicciones que estos generan. Aparte de los modelos, los estudios de cambio climático requieren correctitud en las mediciones, de tal forma que un control de calidad previo siempre es recomendable antes de emprender estudios de esta índole.

NIVELES DE CONTROL DE CALIDAD



Etapas del protocolo de control de calidad y relleno

Incorporar datos atípicos generados usando script apropiado

Correr script de control de calidad

Completar eje de tiempo

Descargar datos de la base

Relleno usando
ACP(*) o
ARMM()**

Base de datos espejo

Usuarios

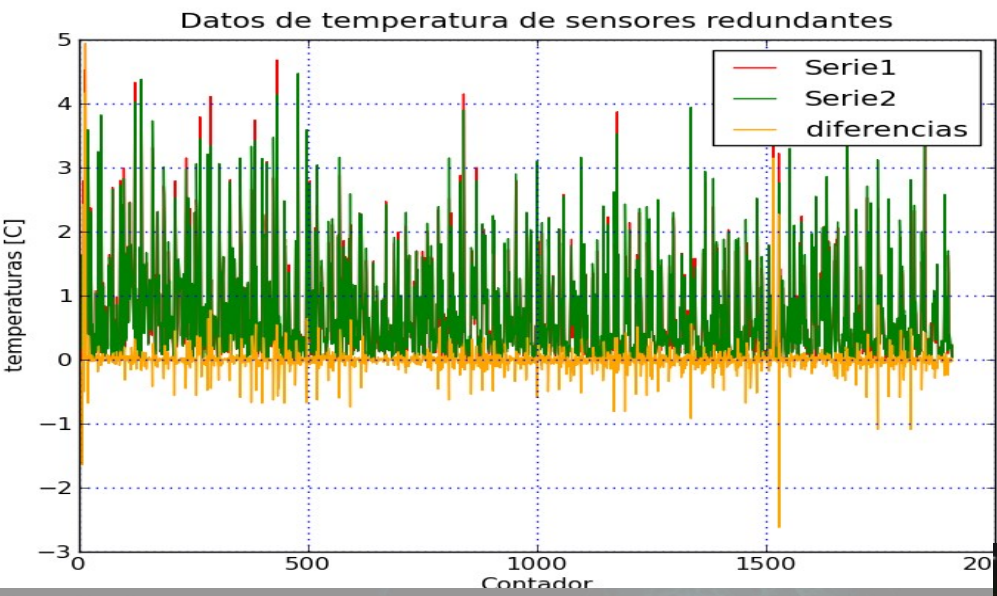
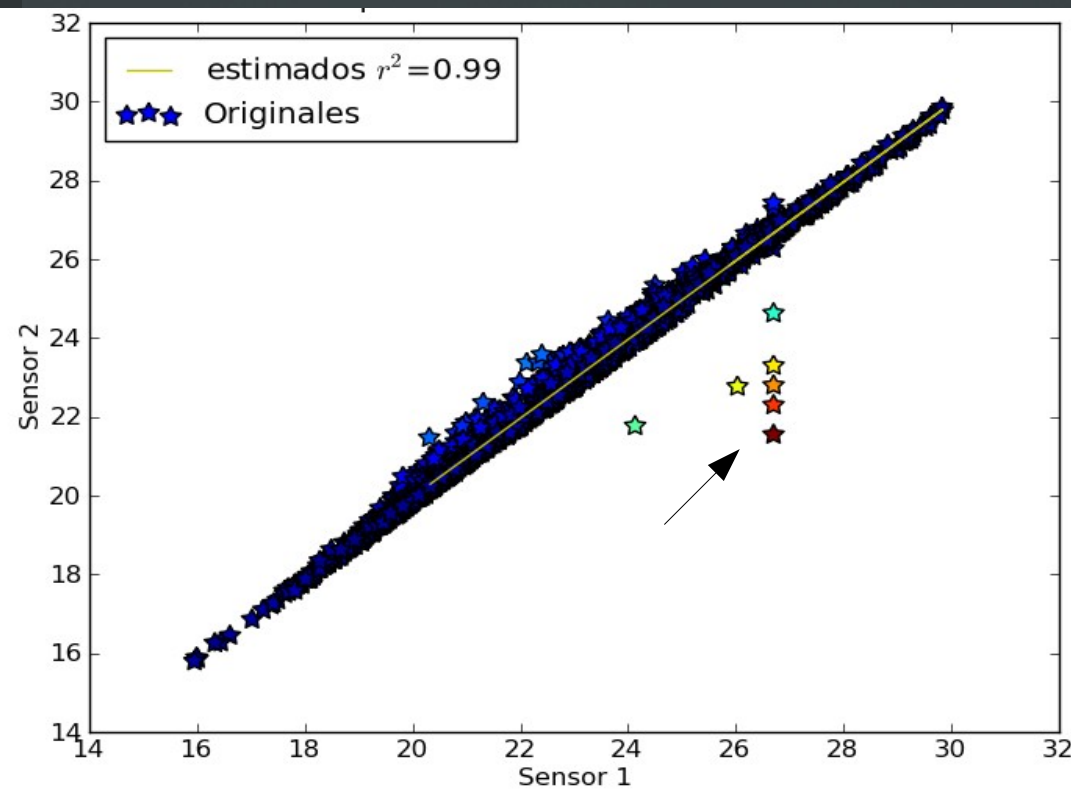
(*) **ACP** : Algoritmo de relleno usando componentes principales.

(**) **ARMM**: Relleno usando un filtro regresivo media mòvil.

Comparación de temperaturas superficiales del aire para sensores redundantes

Fecha Editar Vista Buscar Herramientas Documentos Ayuda

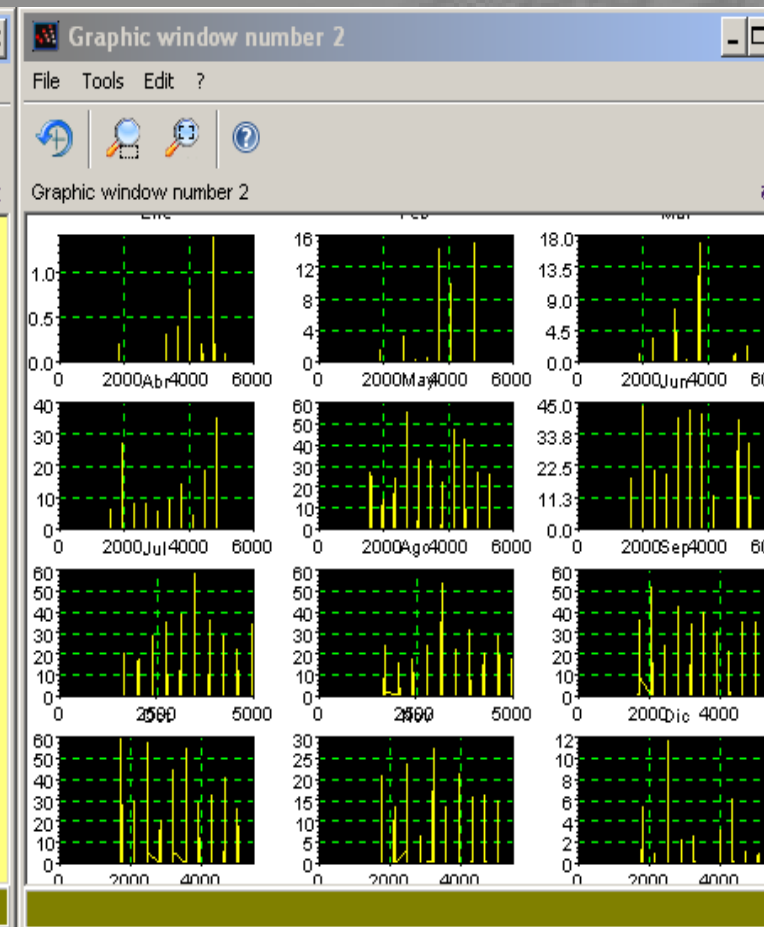
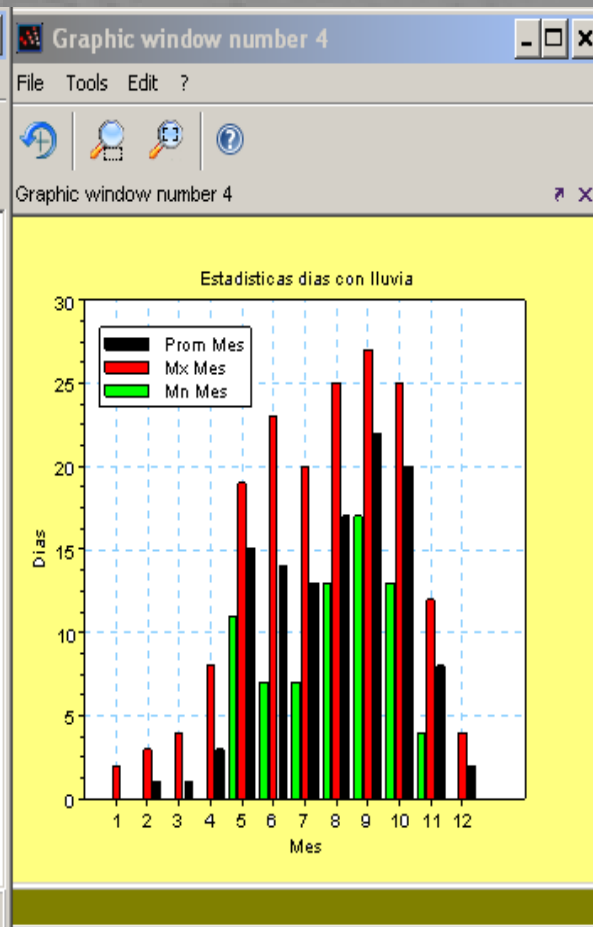
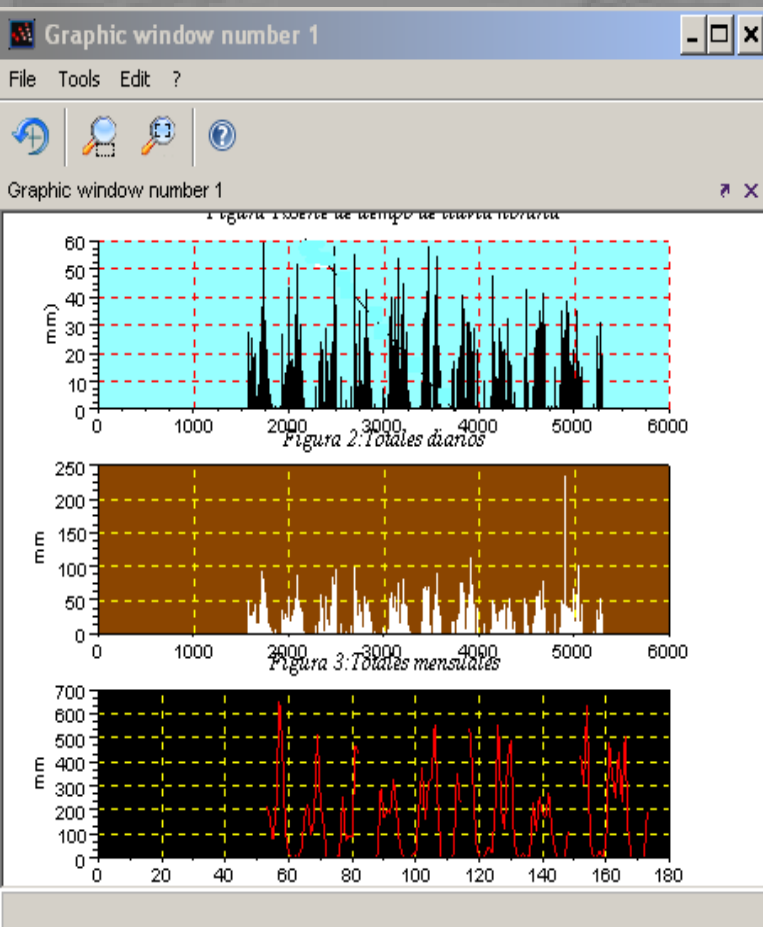
```
LEAME x cclim.py x
1#!/usr/bin/python
2from cclim_fun import cclim_fun
3from cclim_fun2 import cclim_fun2
4cclim_fun('cualquiera')
5cclim_fun2('cualquiera')
6print "\n*****COMPILACION EXITOSA*****"
7raw_input('Oprima el retorno de carro para salir.')
```



Ejemplo de programa de control de calidad para la revisión de datos generados por una estación meteorológica automática. Estos programas se aplican una vez que los datos son recolectados y enviados a la oficina de procesamiento de datos

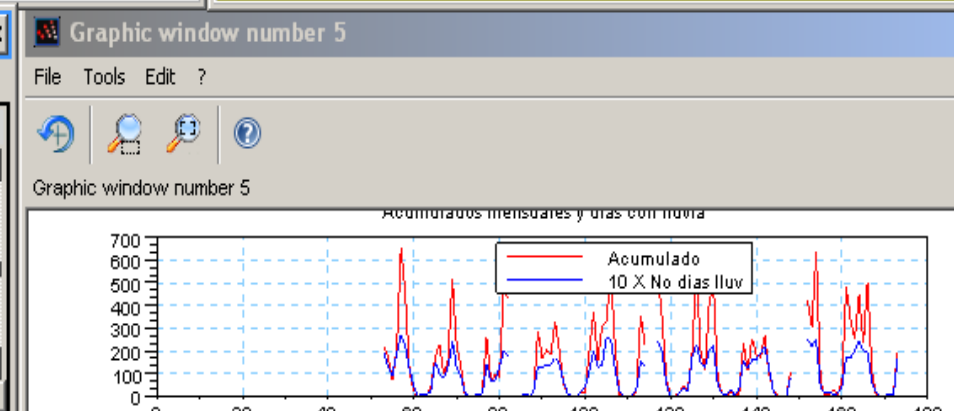
```
jaraya@jaraya: ~/cclim
Fecha Editar Vista Buscar Terminal Ayuda
*****COMPILACION EXITOSA*****
Oprima el retorno de carro para salir.
jaraya@jaraya:~/cclim$
jaraya@jaraya:~/cclim$ python cclim.py
=====
Instituto Meteorologico Nacional
Procesamiento y Control de Calidad de Datos
Programa para control de calidad de archivos de datos
generados por nuevos dataloggers Estaciones de cambio
climatico Campbell Sci. CR800 y CR1000
=====
('Linux', 'jaraya', '2.6.35-30-generic', '#59-Ubuntu SMP Tue Aug 30 15:58:00 UT
C 2011', 'i686')
Entre el nombre del archivo de datos HORARIOS:dathor.dat
Entre el nombre del archivo de datos DIARIOS:datdia.dat
Entre el nombre del archivo de datos de CADA MINUTO:datmin.dat
Valores extremos obtenidos usando valores superiores e inferiores a los
percentiles 99.9 y 0.1 respectivamente
Prueba de consistencia de acumulados de 5,10,15 y 30 minutos
Pruebas de salto ejecutandose...
Generando los graficos...
```

Programa de control de calidad para datos horarios de precipitación



SciPad 7.18.1 - lluv_h_una3.sce

```
File Edit Search Execute Scheme Options Windows Help
427
428 ///*****Generacion del reporte mensual*****
429
430 porc_NAN=input("\nIngrese el no. de dias faltantes que acepta:");
431
432 [m,n]= size(e_ult)
433 [ml,nl]= size(ultimo_dia)
434 tot_mes=%nan.*ones(ml,1)
435 dias_con_lluv=%nan.*ones(ml,1)
```



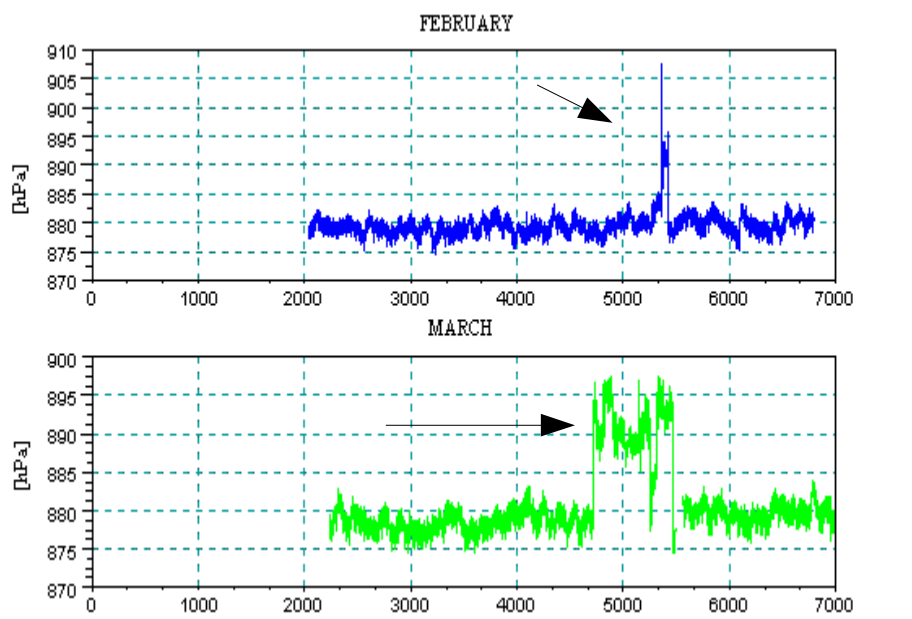
Algoritmos de control de calidad y productos de visualización aplicados para el control de calidad de datos de viento.

Número	Algoritmo o producto utilizado	Detalles	
1	V (*) no plausibles	V mayor que 30m/s	V menor que 0
2	D (**) no plausibles	D mayor que 360	0 mayor que D
3	DP (***) no plausibles	DP mayor que 9	0 mayor que DP
4	V nulas con direcciones angulares no nulas	V igual a 0	D no igual a 0
5	Viento calmo con DP no calma	V positiva menor que 1	DP no igual a 0
6	Velocidades no calmas con DP nulas	V mayor que 1	DP igual a 0
7	Velocidades por encima del valor umbral usando el percentil 80	V > mayor que V_umbral	
8	Secuencias de valores repetidos consecutivos para V	si V[i] igual a V[i-1] entonces	
9	Secuencias de valores repetidos consecutivos para D	índice[i] igual a 1, sino índice[i] igual a 0	
10	Secuencias de valores consecutivos repetidos para DP	secuencia_repetida[i] igual a suma acumulativa(índices) La suma acumulativa se inicializa cuando índice [i]=0	
11	Variaciones absolutas de V entre horas consecutivas	V_salto igual abs(V[i]-V[i-1])	
12	Variaciones absolutas de D entre horas consecutivas	D_salto igual a abs(D[i]-D[i-1])	
13	Reporte diario de V y DP		
14	Reporte mensual de V y DP		
15	Tabla de estadísticos mensuales para V, D y DP		
16	Gráficos de series históricas para todos los meses, en las tres variables		
17	Gráficos de reportes diarios y mensuales		
18	Histogramas de estadísticas mensuales		

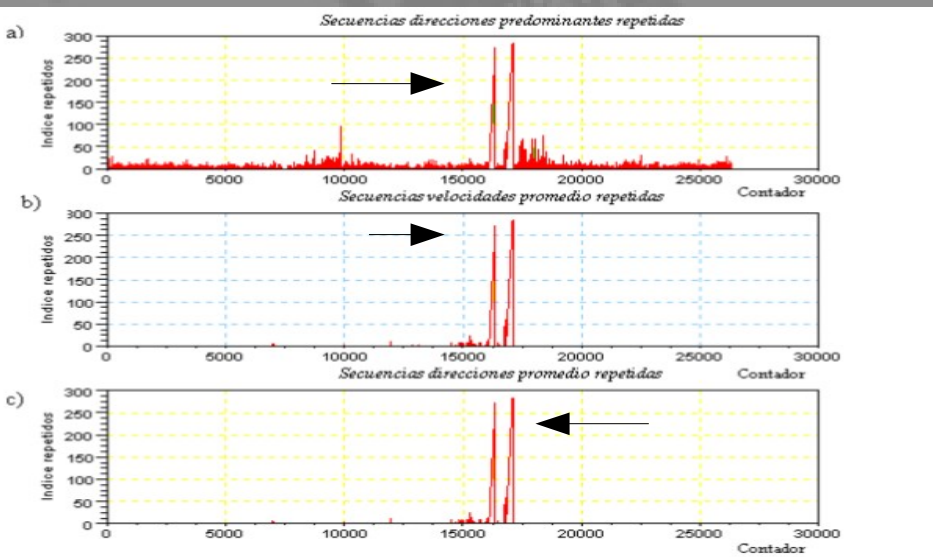
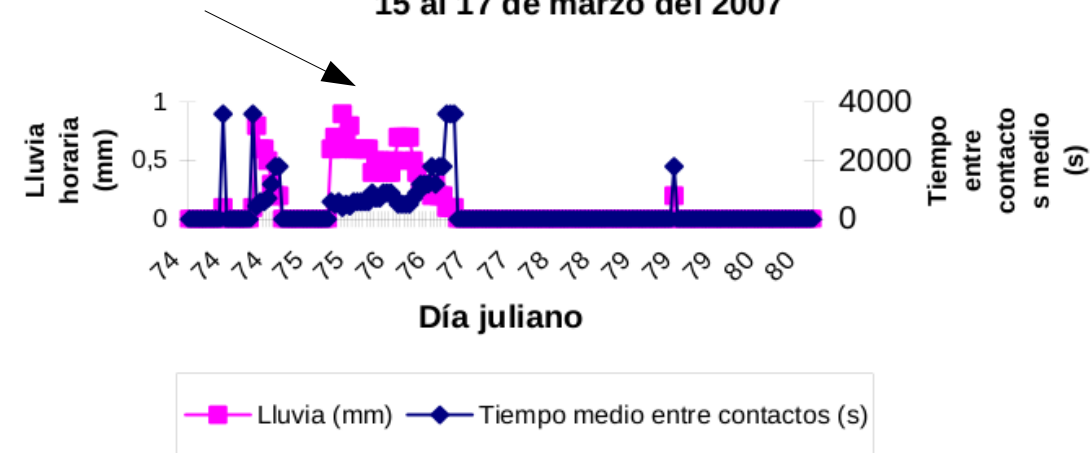
V(*) Velocidad /
 D(**) Dirección angular /
 DP(***) Dirección predominante /

Ejemplos de valores atípicos

Datos atípicos de presión atmosférica

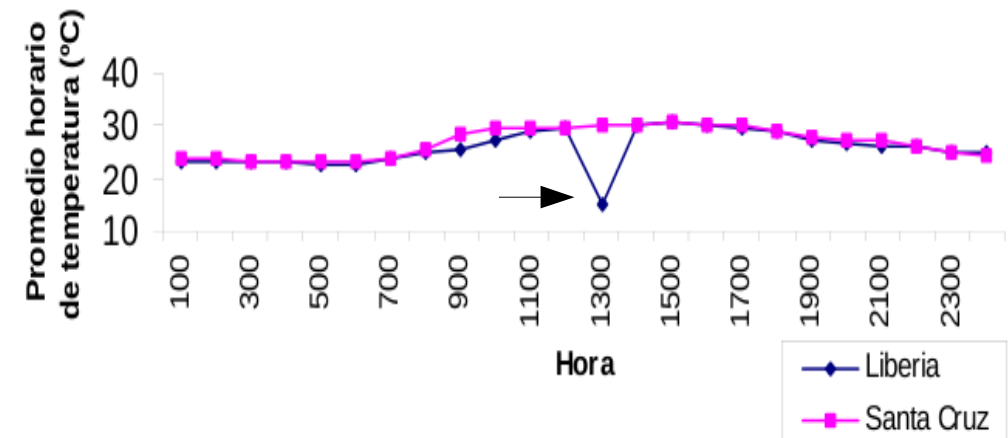


Total horario de lluvia y tiempos medios de tiempos entre contactos por hora en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. 15 al 17 de marzo del 2007



Prueba de algoritmo de secuencia de valores repetidos sobre una serie de datos horaria de velocidad y dirección de viento.

Valor atípico detectado en la serie de datos de Liberia el 3 de junio de 1999



Pronósticos

Las labores de pronóstico están a cargo del Departamento de Meteorología Aeronáutica.

- 1) Pronóstico de tiempo: 12 y 24 horas.
- 2) Pronóstico Extendido 120 horas.
- 3) Marino: 24 horas.
- 4) Tendencia semanal.

Modelaje

- 1) GFS
- 2) WindGrids
- 3) MM5
- 4) WRF
- 5) Modelo europeo



Breve descripción de las estaciones climáticas en Costa Rica

Fenómenos meteorológicos predominantes en Costa Rica:

Brisas de mar
Brisas de tierra
Rotores

Corriente de chorro de bajo nivel del Caribe.

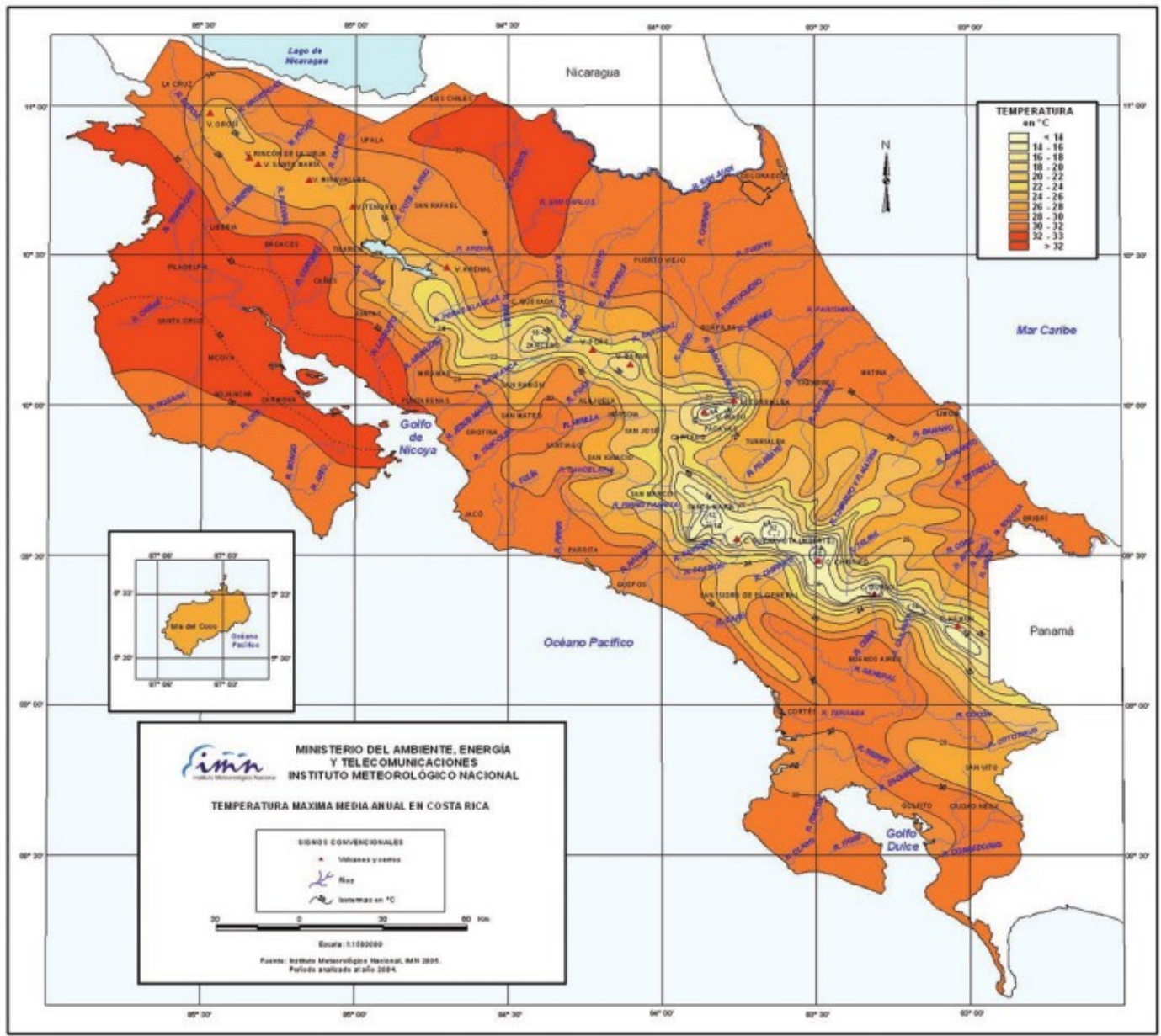
ITCZ

Ondas del Este

Tormentas tropicales

Huracanes

Frentes fríos



TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL

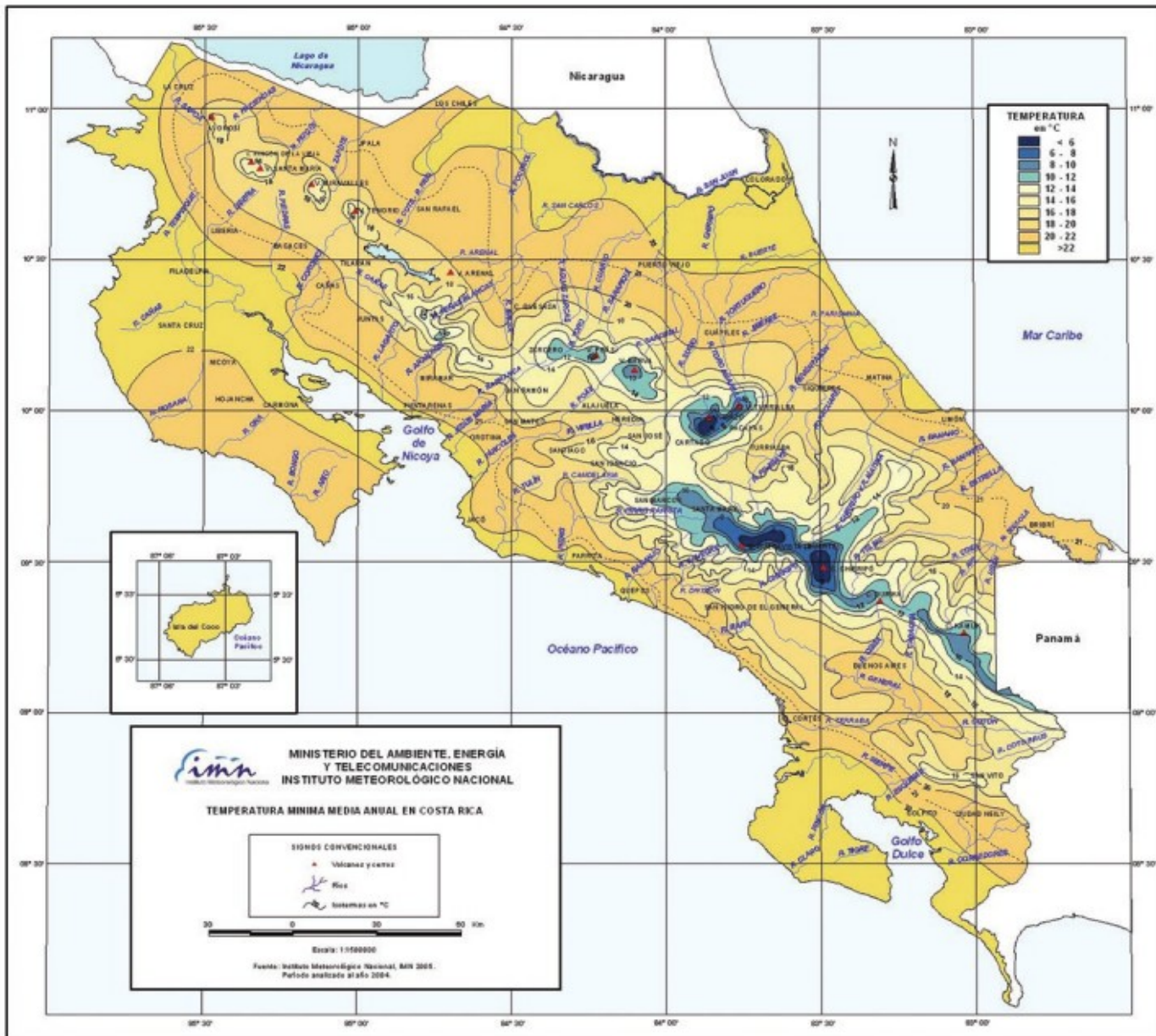
Casi siempre la temperatura máxima no se registra al mediodía como se podría pensar, sino que 2 o hasta 3 horas después.

Al igual que la temperatura media, la temperatura máxima se distribuye según la orografía y los vientos dominantes. Las isotermas más altas se registran en las llanuras y costas, donde la temperatura oscila entre 30°C y 34°C, siendo abril el mes más caliente y octubre el de las máximas más bajas. Nótese también que las zonas con temperaturas de 34°C o más están concentradas en el norte y noroeste del país, siendo el corredor del río Tempisque (en la provincia de Guanacaste) la región más caliente de todas.

En los valles intermontanos, como el Valle Central y el Valle de El General, la temperatura máxima varía entre 28-30°C. Los meses más calientes son marzo y abril, y el menos caliente es octubre. En casos muy particulares la temperatura es mayor en estos valles que en la costa, tal como sucede con el Valle de El General (400-500 msnm) y la Península de Osa o la zona de Quepos.

Las temperaturas máximas más bajas se ubican en la Sierra Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca (al sur del país), donde la variación es de 10-16°C, siendo marzo el mes relativamente más caliente. Aquí también se registran los gradientes térmicos más altos (cambio horizontal de la temperatura), debido a que precisamente ahí se encuentran los picos más altos del país (3000-4000 msnm).

La Isla del Coco fue descubierta en 1526 por el navegante español Joan Cabezas. Actualmente es un Parque Nacional y por su ubicación latitudinal, presenta un clima ecuatorial con una temperatura máxima media anual de 29°C.



TEMPERATURA MINIMA ANUAL

Por lo general la temperatura mínima se registra en la madrugada y poco antes del amanecer. A pesar de presentar una distribución espacial similar, el campo de la temperatura mínima muestra un gradiente térmico horizontal y vertical más bajo con respecto al de la temperatura media y máxima, esto significa que las variaciones de un punto a otro son más suaves. Este efecto se puede apreciar por ejemplo en la poca o nula concentración de isotermas en las llanuras y planicies costeras.

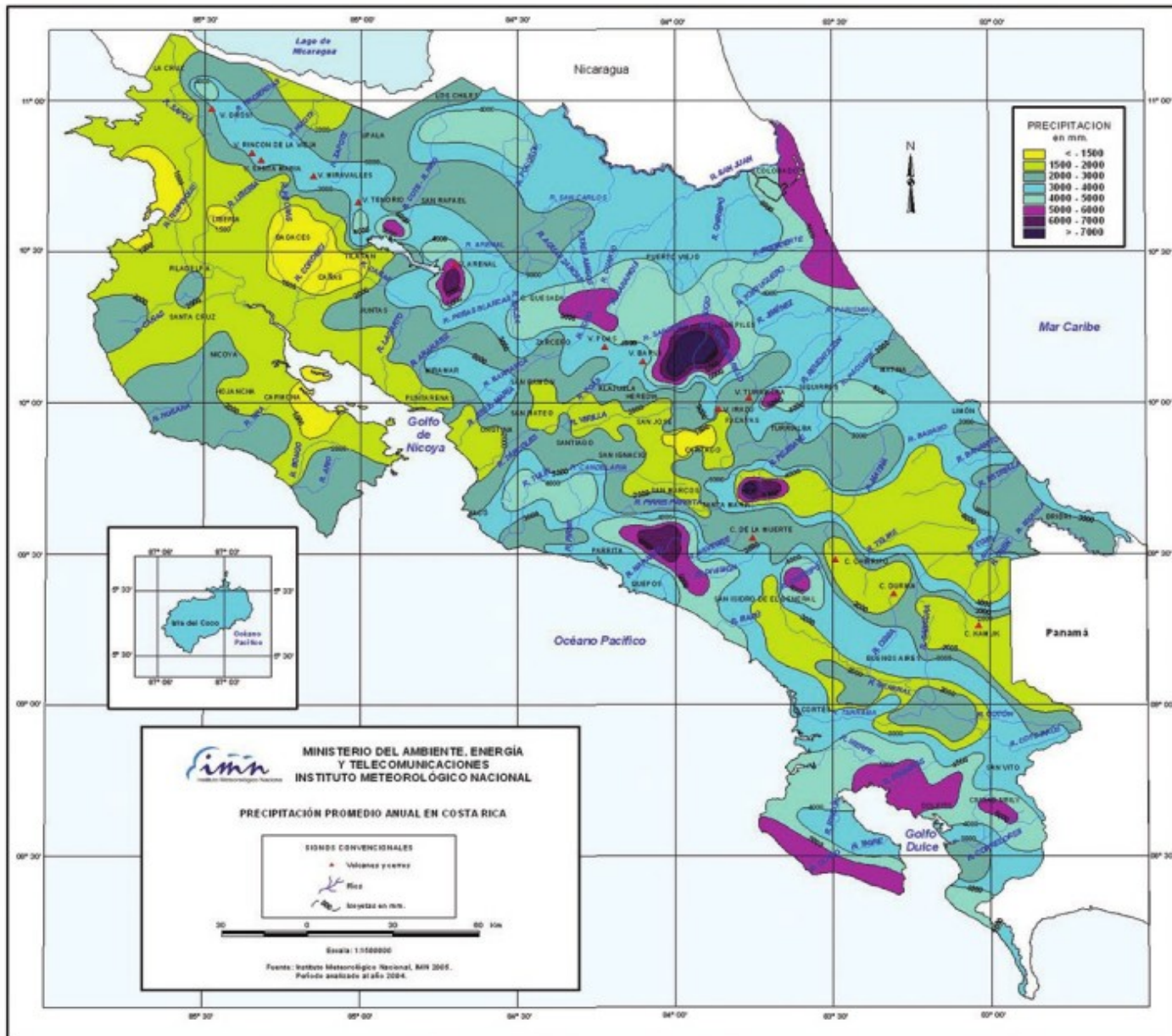
Las temperaturas mínimas más bajas se presentan en la Sierra Volcánica Central y la Cordillera de Talamanca. En el Volcán Irazú y el Cerro Chirripó -localizados en el centro y sur del país, respectivamente- la temperatura mínima oscila entre los 3°C y 6°C, siendo enero el mes más frío del año.

Las temperaturas mínimas más altas son de 22-24°C, se ubican principalmente en el Pacífico Norte y la Zona Norte. Esto es debido en gran medida al mayor grado de continentalidad de estas regiones, a los pocos accidentes geográficos y a que predominantemente son regiones de baja altitud y planas. No obstante, en ciertas épocas del año como en enero y febrero, la mínima puede bajar hasta los 18°C.

También se aprecia en la temperatura mínima, el particular efecto en el Valle de El General, el cual presenta temperaturas idénticas a los de la costa más cercana.

Nótese que en la costa del Caribe -cuya longitud e irregularidades son menores que las del Pacífico- la temperatura mínima no es homogénea, ya que al norte de Limón es más alta que al sur, situación que no se presentó con la temperatura media ni con la máxima.

En la Isla del Coco la mínima promedio es de 23°C, siendo diciembre y enero los meses con los valores más bajos.



PRECIPITACION MEDIA ANUAL

La figura muestra las isoyetas (curvas que unen puntos del país con la misma cantidad de lluvia) de la precipitación media anual. En meteorología el volumen de lluvia se mide en milímetros, equivalente a un litro de agua por metro cuadrado. El pluviómetro es el instrumento que se utiliza para medir la precipitación que cae a la tierra desde las nubes. Los sistemas de tiempo que generalmente son responsables de los procesos de precipitación en el país se enumeran a continuación: Zona de Convergencia Intertropical, los vientos alisios, el monzón, vaguadas de latitudes medias, ondas del este, frentes y empujes fríos, ciclones tropicales, brisas marinas. En algunos años la precipitación puede ser mayor o menor debido al fenómeno de El Niño o La Niña.

La distribución espacial es muy irregular debido principalmente a la interacción de la compleja orografía y los elementos meteorológicos. El sistema montañoso atraviesa al país de sureste a noroeste, con las altitudes aumentando de sur a norte, la mayor elevación es el Cerro Chirripó (3820 msnm). La Isla del Coco (ubicada en el océano Pacífico a 532 km de la costa) es también parte del territorio nacional, con una precipitación de 4600 mm. La precipitación anual más baja es de 1200 mm y se registra en la región del Pacífico Norte, específicamente en Cañas; las precipitaciones más altas son de 7500 mm, se localiza en la Vertiente del Caribe, entre los Ríos Grande de Orosi y Pejibaye; otro máximo importante (7200 mm) es el que se localiza entre el Volcán Barva y el Río Sucio. Del lado del Pacífico el punto más lluvioso (6500 mm) se ubica en la cuenca del Río Naranjo (en el Pacífico Central), aunque también se destaca otro de 5500 mm entre la fila Costeña y el Golfo Dulce. Un aspecto importante del clima del país es que las precipitaciones máximas no se presentan en la cima de la Cordillera de Talamanca (donde más bien llueve menos de 2000 mm al año), sino a elevaciones intermedias



Gracias por su atención