



**Organización para Estudios Tropicales**

Departamentos Científico de La Selva y Manejo de Información

# **Manual de Procedimientos para las Estaciones Meteorológicas**

Compilado por Enrique Castro Fonseca

[ecastro@sloth.ots.ac.cr](mailto:ecastro@sloth.ots.ac.cr)

Revisado por: D. Brenes, W. López, O. Madrigal, B. Matarrita,  
J. Serrano y Z. Zahawi

Sarapiquí, Mayo 2008

Versión 1.0

# Índice o contenido

<b>CAPITULO I</b>	<b>Introduccion.....</b>	<b>8</b>
1.1	Prólogo .....	9
1.2	Objetivos de los procedimientos .....	9
1.3	Alcance de los procedimientos .....	10
1.4	Responsables .....	10
<b>CAPITULO II</b>	<b>Observaciones meteorológicas .....</b>	<b>12</b>
2.1	Generalidades.....	13
2.2	Representatividad .....	13
2.3	Observadores .....	14
2.4	Emplazamiento y exposición .....	14
<b>CAPITULO III</b>	<b>Elementos meteorológicos .....</b>	<b>17</b>
3.1	Introducción .....	18
3.2	Temperatura .....	19
3.2.1	<i>Descripción</i> .....	19
a.	Nomenclatura de la variable: .....	19
b.	Definición: .....	20
3.2.2	<i>Unidades</i> .....	20
3.2.3	<i>Variables derivadas</i> .....	21
3.2.4	<i>Requisitos Operacionales</i> .....	21
a.	Rango .....	21
b.	Resolución .....	22
c.	Exactitud requerida .....	22
d.	Frecuencia de observaciones requerida .....	22
3.2.5	<i>Instrumentos</i> .....	22
3.2.6	<i>Procedimientos</i> .....	23
a.	Procedimientos de medición .....	23
b.	Procedimientos de mantenimiento y calibración .....	24
3.2.7	<i>Condiciones de emplazamiento</i> .....	25
a.	Condiciones específicas por instrumento .....	25
b.	Condiciones de los alrededores del sitio.....	25

3.3	Humedad .....	26
3.3.1	<i>Descripción</i> .....	26
a.	Nomenclatura de la variable: .....	26
b.	Definición: .....	26
3.3.2	<i>Unidades:</i> .....	26
3.3.3	<i>Variables derivadas</i> .....	27
3.3.4	<i>Requerimientos Operacionales</i> .....	27
a.	Rango: .....	27
b.	Resolución: .....	27
c.	Exactitud requerida: .....	27
d.	Frecuencia de observaciones requerida .....	28
3.3.5	<i>Instrumentos</i> .....	28
3.3.6	<i>Procedimientos</i> .....	28
a.	Procedimientos de medición .....	28
b.	Procedimientos de mantenimiento y calibración .....	29
3.3.7	<i>Condiciones de emplazamiento</i> .....	29
a.	Condiciones específicas por instrumento .....	29
b.	Condiciones de los alrededores del sitio.....	30
3.4	Viento.....	34
3.4.1	<i>Descripción</i> .....	34
a.	Nomenclatura de la variable: .....	34
b.	Definición: .....	34
3.4.2	<i>Unidades</i> .....	35
3.4.3	<i>Variables derivadas</i> .....	35
3.4.4	<i>Requerimientos Operacionales</i> .....	36
a.	Rango: .....	36
b.	Resolución: .....	37
c.	Exactitud requerida .....	37
d.	Frecuencia de observaciones requerida .....	37
3.4.5	<i>Instrumentos</i> .....	38
3.4.6	<i>Procedimientos</i> .....	38
a.	Procedimientos de medición .....	38

b.	Procedimientos de mantenimiento y calibración .....	39
3.4.7	<i>Condiciones de emplazamiento</i> .....	39
a.	Condiciones específicas por instrumento .....	39
b.	Condiciones de los alrededores del sitio.....	39
3.5	Precipitación .....	40
3.5.1	<i>Descripción</i> .....	40
a.	Nomenclatura de la variable: .....	40
b.	Definición: .....	40
3.5.2	<i>Unidades</i> .....	40
3.5.3	<i>Variables derivadas</i> .....	40
3.5.4	<i>Requisitos Operacionales</i> .....	41
a.	Rango .....	41
b.	Resolución .....	41
c.	Exactitud requerida .....	41
d.	Frecuencia de observaciones requerida .....	42
3.5.5	<i>Instrumentos</i> .....	42
3.5.6	<i>Procedimientos</i> .....	43
a.	Procedimientos de medición .....	43
b.	Procedimientos de mantenimiento y calibración .....	43
3.5.7	<i>Condiciones de emplazamiento</i> .....	44
a.	Condiciones específicas por instrumento .....	44
b.	Condiciones de los alrededores del sitio.....	44
3.6	Radiación .....	44
3.6.1	<i>Descripción</i> .....	44
a.	Nomenclatura de la variable: .....	45
b.	Definición: .....	45
3.6.2	<i>Unidades</i> .....	45
3.6.3	<i>Variables derivadas</i> .....	45
3.6.4	<i>Requisitos Operacionales</i> .....	46
a.	Rango .....	46
b.	Resolución .....	46
c.	Exactitud requerida .....	46

d.	Frecuencia de observaciones requerida .....	47
3.6.5	<i>Instrumentos</i> .....	47
3.6.6	<i>Procedimientos</i> .....	47
a.	Procedimientos de medición .....	47
b.	Procedimientos de mantenimiento y calibración .....	48
3.6.7	<i>Condiciones de emplazamiento</i> .....	48
a.	Condiciones específicas por instrumento .....	48
b.	Condiciones de los alrededores del sitio.....	48
<b>CAPITULO IV</b>	<b>Software y Almacenamiento de Datos</b> .....	<b>49</b>
4.1	Loggernet.....	50
4.1.1	<i>Generalidades</i> .....	50
4.1.2	<i>Conexión del datalogger a la computadora</i> .....	50
4.1.3	<i>Creación del programa del datalogger</i> .....	52
4.1.4	<i>Envío del programa del datalogger</i> .....	58
4.1.5	<i>Configuración final del datalogger</i> .....	60
4.2	Almacenamiento y Respaldo de los Datos .....	64
4.2.1	<i>Almacenamiento de datos automáticos</i> .....	64
4.2.2	<i>Almacenamiento de datos manuales</i> .....	65
4.2.3	<i>Respaldo de los datos</i> .....	65
4.2.4	<i>Despliegue de los datos</i> .....	66
<b>CAPITULO V</b>	<b>Metadatos</b> .....	<b>68</b>
5.1	Generalidades.....	69
5.1.1	<i>Justificación</i> .....	69
5.1.2	<i>Introducción</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2	Elementos de los Metadatos Meteorológicos .....	70
5.2.1	<i>Identificadores y datos geográficos</i> .....	70
a.	Identificadores de la estación.....	70
b.	Datos geográficos .....	72
5.2.2	<i>Medio Ambiente</i> .....	72
a.	Uso local o cobertura del suelo.....	73
b.	Exposición de los instrumentos.....	74
5.2.3	<i>Instrumentación</i> .....	75

a.	Tipo de instrumentos .....	75
b.	Montaje de los instrumentos .....	76
c.	Transmisión de los datos .....	76
5.2.4	<i>Prácticas de observación</i> .....	77
a.	Observador .....	77
b.	Elementos observados .....	77
c.	Tiempos en los que se realizó la observación .....	78
d.	Mantenimiento de rutina .....	78
e.	Correcciones hechas por el observador .....	78
5.2.5	<i>Procesamiento de datos</i> .....	78
a.	Unidades.....	79
b.	Códigos especiales.....	79
c.	Control de calidad .....	79
d.	Homogeneidad.....	79
e.	Recuperación de los datos .....	80
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>81</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>82</b>
Anexo 1:	Programa ejemplo en Crbasic .....	82
Anexo 2:	Ejemplos de los archivos de datos .....	91

## Índice de Tablas

Figura 1: Barra de herramientas de Loggernet.....	50
Figura 2: Inicio del asistente de EZsetup de Loggernet .....	51
Figura 3: Asistente de Shotcut de Loggernet .....	54
Figura 4: Editor de Crbasic de LOggernet.....	55
Figura 5: Ventana de Conexión de Loggernet.....	59

## **CAPITULO I    INTRODUCCION**

## **1.1 Prólogo**

Este documento contiene información acerca de conceptos de meteorología básica, a la vez que trata de explicar los procedimientos que deben de llevarse a cabo para el establecimiento de una estación de muestreo, basado en los estándares de la Organización Mundial de Meteorología (OMM).

A la vez el documento tiene por objetivo tratar de esclarecer y unificar los procedimientos llevados a cabo en las diferentes estaciones de OET con la idea de poder estandarizar los diferentes grupos de datos en uno solo, por lo cual debe ser leído aplicado y revisado por cada encargado de una estación meteorológica en cualquiera de las locaciones de OET, además incluye la total coordinación del manejo de los datos con la unidad de manejo de información de la organización. Conforme avance la tecnología y cambien los equipos es importante que el manual sea actualizado por lo menos una vez al año.

## **1.2 Objetivos de los procedimientos**

- Uniformar y controlar el cumplimiento de las rutinas de trabajo y evitar su alteración arbitraria.
- Evitar la pérdida de información por errores que se den a causa de desconocimiento de las tareas específicas.
- Que tanto los empleados como sus jefes conozcan si el trabajo se está realizando adecuadamente.
- Reducir los costos al aumentar la eficiencia general y el uso adecuado del equipo.

### **1.3 Alcance de los procedimientos**

Este manual se aplica básicamente a dos áreas: la primera es el área encargada del equipo y del muestreo de datos meteorológicos en cada una de las estaciones de campo de OET. Comúnmente esta área esta integrada por personal del departamento científico y del departamento de manejo de información de cada una de las tres estaciones, ellos están encargados del mantenimiento del equipo así como de la toma de datos manuales, la supervisión en la toma de datos automáticos y la transferencia de los mismo a las oficinas centrales.

La otra área es el personal del departamento de manejo de información destacado en las oficinas centrales de OET en el campus central de la Universidad de Costa Rica, ellos están encargados de recibir los datos, almacenarlos y realizar el debido proceso para que puedan ser accedidos desde la página Web de OET.

### **1.4 Responsables**

Al ser el proceso de captura de datos meteorológicos un proceso de mucho cuidado es muy importante dentro de cada uno de los sitios donde se realice esta tarea nombrar a las personas de llevarla a cabo y hacerles entender la importancia que esto tiene para la organización.

En cada una de las estaciones de OET se mantiene una diferente estructura por lo cual los encargados en cada una de ellas difieren de las demás, así que la estructura para cada una de ellas es:

La Selva: El encargado de laboratorio es el primer responsable por el buen funcionamiento de la estación, el lleva a cabo las tareas de mantenimiento del

equipo y coordina la toma de datos manuales, se apoya en el encargado de soporte en las tareas que involucren programación y configuración de equipos.

Las Cruces: La persona a cargo del soporte técnico de la estación es la persona a cargo del equipo y los datos meteorológicos, para ello puede solicitar el apoyo del biólogo residente.

Palo Verde: Es la estación biológica mas pequeña de OET por lo tanto el personal también es mas reducido. El encargado de administrar la estación meteorológica es la persona a cargo del soporte técnico de la estación.

## **CAPITULO II    OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS**

## 2.1 Generalidades

Las observaciones meteorológicas se realizan por diversas razones, algunas para análisis y predicciones meteorológicas, otras para la investigación del clima como tal y algunas más para operaciones locales como por ejemplo: manejo de vuelos en un aeródromo o aplicaciones de hidrología en algunas represas, etc. Así como varia la aplicación también varia el tipo de estación para realizar observaciones algunas realizan solo observaciones marinas, algunas desde aeronaves y hasta por medio de satélites; pero en el presente trabajo solo nos vamos a enfocar sobre la típica estación climatológica o sinóptica (palabra derivada de sinopsis: disposición gráfica que muestra cosas relacionadas entre si facilitando su visión conjunta de superficie). En la OET por no ser una estación para predicción no se realiza la medición de algunas variables como: visibilidad, observación de nubes.

## 2.2 Representatividad

La densidad o resolución requerida de datos observados está relacionada con las escalas temporales y espaciales apropiadas para los fenómenos que han de analizarse. En otras palabras la representatividad indica cuanta área podrían representar los datos recolectados. La OMM clasifica las escalas horizontales de los fenómenos meteorológicos de la siguiente manera:

- pequeña escala: menos de 100Km
- mesoescala: de 100 a 1000Km
- gran escala: de 1000 a 5000Km
- escala planetaria: más de 5000Km

La OET comprende por el momento estaciones de observación solo de pequeña escala.

## **2.3 Observadores**

Basados en la documentación expuesta por la Organización Mundial de Meteorología (OMM No. 8, 1996, 1.3.2), los observadores meteorológicos son necesarios por varias razones:

- para efectuar las observaciones sinópticas y climatológicas con la debida precisión, utilizando los instrumentos apropiados
- para mantener los instrumentos y los emplazamientos en buen estado
- para codificar y enviar las observaciones
- para mantener dispositivos de registro en situ, incluido el cambio de mapas
- para hacer y cotejar registros semanales y/o mensuales de datos climatológicos cuando no se dispone de sistemas automáticos o estos son inadecuados.
- para proporcionar observaciones suplementarias o de reserva cuando el equipo automático no hace las observaciones de todos lo elementos requeridos o cuando está fuera de servicio.

## **2.4 Emplazamiento y exposición**

Las siguientes consideraciones se aplican a la elección del emplazamiento (lugar donde está colocada la estación) y a los requisitos que se deben cumplir sobre la exposición de los instrumentos (tomado de: Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos, OMM, sexta edición, 1996):

a- los instrumentos exteriores deben instalarse en un terreno llano, aproximadamente de 10 por 7 metros (el recinto), cubierto de hierba baja, o de

una superficie representativa de la localidad, rodeada de una cerca para impedir el acceso a personas no autorizadas, en el recinto se reserva una parcela de 2 por 2 metros para mediciones referidas al estado del suelo.

b- no debe haber laderas inclinadas en las proximidades, y el emplazamiento no debe encontrarse en una hondonada. Si no se cumplen estas condiciones las observaciones pueden presentar peculiaridades de significación puramente local.

c- el emplazamiento debe estar suficientemente alejado de árboles, edificios, muros u otros obstáculos. La distancia entre cualquiera de esos obstáculos (incluidas las vallas) y el pluviómetro no debe ser inferior al doble de la altura del objeto por encima del borde del aparato y preferentemente debe de cuadruplicar la altura.

d- el registrador de luz solar, el pluviómetro y el anemómetro deben de encontrarse en emplazamientos con exposiciones que satisfagan sus requisitos, y en el mismo lugar que los otros instrumentos.

e- debe señalarse que el recinto puede ser no el mejor lugar para estimar la velocidad y dirección del viento, talvez convenga otro punto de observación mas expuesto al viento.

f- emplazamientos muy abiertos sin ningún tipo de obstáculos cercanos, satisfactorios para la mayoría de los instrumentos son inapropiados para los pluviómetros. En estos lugares la captación del agua es reducida, salvo con vientos débiles, y se necesita algún grado de protección.

A parte de esto la OMM recomienda que los instrumentos manuales deben estar dentro de una garita (en este caso, especie de caja protectora) que tenga las siguientes características:

- De madera, pintada de blanco y esmaltada para reflejar bien la radiación.

- Con buena ventilación.
- Con techo doble y circulación del aire entre los dos tejados para evitar el calentamiento del aire cuando la radiación es muy intensa.
- La puerta debe estar orientada al Norte en nuestro hemisferio, para evitar que al realizar las observaciones los rayos solares incidan sobre los instrumentos.
- Con techo suficientemente inclinado para dejar escurrir el agua de lluvia la inclinación puede variar de acuerdo a la cantidad de lluvia del sitio.

## **CAPITULO III ELEMENTOS METEOROLÓGICOS**

### **3.1 Introducción**

Para términos de la OET y sus estaciones biológicas los elementos mínimos que se deben de capturar basados en las necesidades de respaldar y facilitar las investigaciones científicas son:

- Temperatura
- Humedad
- Presión atmosférica
- Viento
- Precipitación
- Radiación

En la siguiente sección se describe y se especifica uno a uno estos elementos con el fin de establecer el tipo del equipo, variables, emplazamientos y demás condiciones que se deben de controlar para capturar de una manera estándar estas variables.

Cabe también mencionar que los procesos de medición realizados por la estación automática se llevan a cabo mediante la programación del datalogger, cada modelo contiene en el manual las instrucciones y ejemplos de cómo programar las mediciones es por ello que no se va a profundizar en lo que a programación de dataloggers se refiere.

### **3.2 Datalogger**

Para cada una de los elementos meteorológicos a capturar se describe tanto el equipo manual como el automático, cada uno de los equipos electrónicos no funcionan sin la ayuda de un datalogger.

El datalogger es la unidad central de procesamiento del sistema, este equipo en realidad es una pequeña computadora que recibe cada una de las lecturas de los sensores (señales de voltaje algunos con diferente nivel otros simplemente pulsos) y las almacena en la memoria para luego realizar los cálculos necesarios de acuerdo con lo establecido en la programación para generar las tablas finales de salida de datos.

Para efectos de OET se recomienda utilizar el modelo CR1000 o superior el cual soporta hasta 16 sensores de terminal simple o 8 de voltaje diferencial o conexión doble más dos terminales para sensores contadores de pulsos eléctricos.

En caso de necesitar conectar más sensores se recomienda adquirir el modelo CR3000. Todo el equipo distribuido por Campbell Scientific puede ser adquirido en Costa Rica por medio de su distribuidor Representaciones Corelsa S.A. Edificio BRELLER, 300 mts al norte del Cementerio de Santo Domingo Santo Domingo de Heredia, info@corelsa.co.cr, Tel.: 2244-2550 Fax: 244-3090

### **3.3 Temperatura**

#### **3.3.1 Descripción**

a. Nomenclatura de la variable:

Nombre general: temperatura

Temperatura es también el nombre requerido por la OMM.

b. Definición:

“La temperatura es la condición que determina la dirección del flujo neto de calor entre dos cuerpos.” OMM NO. 8, 1996, 2.1.1. Esta magnitud nos permite expresar el grado de calentamiento o enfriamiento de los cuerpos.

La temperatura describe un estado y es en ese modo una variable un poco inusual, dado que no puede ser directamente derivada de variables tangibles tales como masa o longitud. En general, la temperatura de un gas es directamente proporcional al promedio de energía cinética de sus moléculas.

### 3.3.2 Unidades

La temperatura termodinámica (T) expresada en grados Kelvin es la temperatura básica. En meteorología se utiliza casi siempre la temperatura (t) expresada en grados Celsius definida por la ecuación:

$$t = T - 273,16$$

Una diferencia de temperatura de un grado Celsius (°C) es igual a un grado Kelvin (K). En la escala termodinámica de temperaturas, las mediciones se expresan como diferencias respecto al cero absoluto (0 K), que es la temperatura en que las moléculas de cualquier sustancia carecen de energía cinética. OMM NO. 8, 1996, 2.1.2

Otra de las escalas de temperatura utilizada es la Fahrenheit (°F) expresada por  $t_{F/°F} = 9/5 t + 32$ , no forma parte de las escalas utilizadas por la OMM ni en Costa Rica, pero en la OET unos de los clientes principales de los datos son los norteamericanos por lo cual es bueno determinarla.

### **3.3.3 Variables derivadas**

La meteorología utiliza algunas variables basadas en la temperatura. Estas pueden ser subdivididas en medidas primarias y secundarias. La temperatura primaria se refiere exclusivamente temperatura del aire en el instante, medida a una altitud fija. Las secundarias se determinan usando series de tiempo. Las variables que implican temperatura son:

- Primarias, medidas a una altura de 1.5 m.
  - temperatura del aire
- Secundarias, medidas a una altura de 1.5 m. por un periodo de 24 horas.
  - temperatura máxima del aire
  - temperatura mínima del aire

### **3.3.4 Requisitos Operacionales**

Esta sección cubre los requisitos operacionales referentes a la observación temperatura del aire a 150 centímetros sobre nivel del suelo.

#### **a. Rango**

El rango operacional, para las observaciones de la temperatura (del aire) a 150 centímetros sobre el suelo es +5 a +40°C. Esto se aplica a los valores momentáneos, promedios y a los extremos. El estándar de OMM es realmente -30 a +45°C (OMM NO. 8, 1996, 2.1.3.2). Puesto que la probabilidad de una temperatura debajo de +5°C o sobre +40°C es casi imposible para las locaciones de las estaciones de OET, el rango antes citado es suficiente para el uso de la organización.

#### b. Resolución

La resolución requerida en meteorología sinóptica y para observaciones de climatología en temperatura a 150 cm. es de 0.1 °C, esto en concordancia con las regulaciones de la OMM.

#### c. Exactitud requerida

La exactitud requerida (margen del error) en la temperatura del aire a una altura de 150 centímetros es de 0.2° C. Este requisito está de acuerdo con las regulaciones de OMM (OMM NO. 8, 1996, 2.1.3.2). Los extremos (máxima, mínima) deben satisfacer la misma referencia.

#### d. Frecuencia de observaciones requerida

Muestreo manual: La OET cuenta con termómetros de máxima y mínima, más el termo-higrómetro para realizar el muestreo manual. Cada 24 horas a las 7:00 am., se recolectan la temperatura actual, máxima y mínima coincidiendo con las mediciones llevadas a cabo por el IMN; así que pueden ser fácilmente comparables con el resto del país.

Muestreo automático: Con el datalogger Campbell se registran las temperaturas máximas y mínimas de cada día, con la hora respectiva en la que se dieron, tomando como parámetro de corte las 7:00 am., esto para coincidir con las mediciones manuales y el IMN. También se registran dos promedios de temperatura por día: cada 30 minutos debido a la solicitud de los investigadores y diario cortando a las 7:00 am. Estos promedios se derivan de las mediciones que el datalogger realiza cada 10 segundos.

### 3.3.5 Instrumentos

Instrumentos manuales: Se recomienda utilizar termómetros de máxima y mínima marca Lambrecht modelo 1052 o Nova Lynx modelo 210-4420 con divisiones cada 0.5 grados, dada su garantía de por vida y que cumplen con las especificaciones de la OMM. Además del termo-higrómetro de Nova Lynx modelo 225-930 para las mediciones diarias a las 7 am. El termómetro de máxima funciona con mercurio que tiene un estrechamiento cerca del bulbo o depósito. Cuando la temperatura sube, la dilatación de todo el mercurio del bulbo vence la resistencia opuesta por el estrechamiento, mientras que cuando la temperatura baja, la masa de mercurio se contrae, la columna se rompe por el estrechamiento y su extremo libre queda marcada la temperatura máxima. La escala tiene una división de 0,5 °C y el alcance de -31.5 a 51.5 °C. El termómetro de mínima está compuesto de líquido orgánico (alcohol) y posee un indicador coloreado en su interior. El bulbo tiene en general forma de horquilla (para aumentar la superficie de contacto del elemento sensible). Cuando la temperatura baja, el líquido arrastra el indicador porque no puede atravesar el menisco y se ve forzado a seguir su recorrido de retroceso. Cuando la temperatura sube, el líquido pasa fácilmente entre la pared del tubo y el indicador dejando la marca de la temperatura más baja por el extremo más alejado del bulbo. La escala está dividida cada 0,5°C y su amplitud va desde -44,5 a 40,5°C.

Instrumentos automáticos: Como sensor de temperatura para conectar al datalogger se recomienda utilizar el modelo HMP45C-L de Vaisala, dicho sensor también mide humedad del aire. Este sensor cumple con las reglas de exactitud dictadas por la OMM.

### **3.3.6 Procedimientos**

#### **a. Procedimientos de medición**

Muestreo manual: Para medir la temperatura máxima se observa en el termómetro la marca dejada por el mercurio y se anota el valor en la hoja de datos que se encuentra en el mismo, luego hay que tomar el termómetro y sacarlo de la garita donde se mantiene y agitarlo tomándolo por el extremo opuesto al bulbo para hacer que el mercurio baje y se registre la temperatura del día siguiente, después se coloca de nuevo dentro de la garita en el soporte. El de mínima igual se observa la marca dejada anotando en la hoja el valor del lado derecho de la marca, luego se saca del soporte girándolo que la herradura quede hacia arriba para devolver el alcohol al bulbo, en determinado caso se puede envolver sin hacer presión la herradura con la mano para calentarlo un poco, luego se coloca de nuevo en el soporte, algo muy importante es conocer que este termómetro no se sacude como el de máxima. Seguido se toma la lectura de la temperatura actual desde el termohigrómetro y se anota. Esta medición se realiza todos los días en punto a las 7 am. Inmediatamente después de este proceso el dato es digitado en el archivo Excel de registro de datos manuales en la computadora de la estación meteorológica, en todas las mediciones manuales se registra la hora (siendo o no las 7 am.) esto con el fin de validar luego contra los datos automáticos de la misma estación contra un juego de datos de otro proveedor.

Muestreo automático: Se registran los promedios de temperatura cada 30 minutos debido a la solicitud de los investigadores y diario cortando a las 7:00 am. Estos promedios se derivan de las mediciones que el datalogger realiza cada 10 segundos. También se almacena la temperatura máxima y mínima y la hora correspondiente que se dieron estas medidas, durante un periodo de 24 horas cortando a las 7:00 am.

#### b. Procedimientos de mantenimiento y calibración

Mantenimiento: El HMP45C-L de Vaisala requiere mínimo mantenimiento. Al menos una vez por mes se debe de revisar la cubierta protectora de radiación

(ver la sección 3.2.7) para evitar que se obstruya o se ensucie demasiado, es muy común que en los trópicos las avispas tomen esta cubierta para construir su nido. Respecto los termómetros de máxima y mínima no requieren mayor mantenimiento y tienen garantía de por vida siempre y cuando no se quiebren.

Calibración: El sensor de temperatura y humedad HMP45C-L de Vaisala debe ser enviado cada año al distribuidor de Campbell para calibración. Los termómetros marca Lambrecht o Nova Lynx no requieren calibración.

### **3.3.7 Condiciones de emplazamiento**

#### **a. Condiciones específicas por instrumento**

Los sensores para medir temperatura según el OMM se deben situar entre 1.25 y 2.00 metros de altura por encima del nivel del suelo, la ubicación más usual es de 1.5 metros. El sensor que se utiliza puede ser afectado perceptiblemente por la luz del sol, la radiación y fenómenos tales como precipitación, rocío, helada y viento, por esta razón, se debe proteger dentro de un protector de radiación los automáticos o dentro de una garita los termómetros de temperaturas extremas deben además colocarse en un soporte con un ángulo de 2° con respecto al horizonte más bajo el bulbo que el tubo con el fin que la gravedad ayude a recoger el elemento en el bulbo.

#### **b. Condiciones de los alrededores del sitio**

El mejor lugar para realizar las mediciones es por encima del nivel del suelo sin árboles o edificios cercanos. El terreno sobre el cual se están realizando las medidas debe estar cubierto con hierba corta.

## **3.4 Humedad**

### **3.4.1 Descripción**

a. Nomenclatura de la variable:

Nombre general: humedad relativa

b. Definición:

La humedad atmosférica y con frecuencia también su registro continuo es un parámetro importante en la mayoría de los ámbitos de las actividades meteorológicas; pero para la medición de la humedad en la superficie o cerca de ella existen varios métodos utilizados para expresar las diferentes magnitudes, pero nosotros nos vamos a centrar solo en la humedad relativa.

Humedad relativa: es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental (la cantidad de vapor de agua presente en el aire). La OMM la define como: “la razón expresada en porcentaje, entre la presión de vapor observada y la tensión del vapor saturante con respecto al agua a la misma temperatura y presión”. OMM NO. 8, 1996, 4.1.1.

### **3.4.2 Unidades:**

La unidad estándar válida para el Sistema Internacional es el porcentaje %.

### 3.4.3 Variables derivadas

La típica variable derivada es la humedad relativa, la cual la clasificamos como primaria se refiere exclusivamente a la humedad del aire en un periodo corto de tiempo. Las variables que implican humedad son:

- Primarias, medidas a una altura de 1.5 m.
  - humedad relativa valor actual
- Secundarias, medidas a una altura de 1.5 m. por un periodo de 24 horas.
  - humedad relativa promedio

### 3.4.4 Requerimientos Operacionales

a. Rango:

El rango establecido por la OMM, para las observaciones de humedad relativa es de: 5 – 100%

b. Resolución:

En la meteorología sinóptica y climatología se requiere una resolución de 1% en la observación de la humedad relativa. Este requerimiento está de acuerdo con la norma de la OMM.

c. Exactitud requerida:

Las regulaciones internacionales acerca del uso de palabras y conceptos como la exactitud y la incertidumbre están fijadas en el “Vocabulario Internacional de términos generales y básicos de Metrología” (publicado ISO 1993.).

La incertidumbre (el margen de error) en la humedad relativa no debe ser mayor que 3%. La exactitud operacional requerida en el informe sinóptico es de 5% (sí  $RH \leq 50\%$ ) y 3% (sí  $RH > 50\%$ ) según la OMM.

d. Frecuencia de observaciones requerida

Muestreo manual: Para medir la humedad relativa la OET utiliza un sensor de Nova Lynx 225-930, la medición se realiza cada día a las 7:00 am.

Muestreo automático: Se registran los valores actuales de humedad relativa cada 30 minutos debido a la solicitud de los investigadores y el promedio diario cortando a las 7:00 am. Estos datos se derivan de las mediciones que el datalogger realiza cada 10 segundos.

### **3.4.5 Instrumentos**

Instrumentos manuales: Se utiliza el termo-higrómetro modelo 225-930 de Nova Lynx el cual posee todas las características requeridas por la OMM.

Instrumentos automáticos: Como sensor de humedad para conectar al datalogger Campbell, se recomienda utilizar el modelo HMP45C-L de Vaisala, dicho sensor mide temperatura y humedad del aire. Este sensor cumple con las reglas de exactitud dictadas por la OMM.

### **3.4.6 Procedimientos**

a. Procedimientos de medición

Muestreo manual: La humedad relativa se registra diariamente a las 7 am. registrando la lectura del termo-higrómetro en la hoja de datos, para luego hacer la digitación en el Excel de datos manuales en la computadora de la estación meteorológica, en todas las mediciones manuales se registra la hora esto con el fin de validar luego contra los datos automáticos de la misma estación contra un juego de datos de otro proveedor.

Muestreo automático: solo se debe configurar el datalogger para que registre la humedad relativa actual cada 30 y la humedad promedio diaria tomando como hora corte las 7 de la mañana. Todas estas mediciones se basan en los registros llevadas a cabo cada 10 segundos por el sensor y el datalogger.

#### b. Procedimientos de mantenimiento y calibración

Mantenimiento: El HMP45C-L de Vaisala requiere mínimo mantenimiento. Al menos una vez por mes se debe de revisar la cubierta protectora de radiación para evitar que se obstruya o se ensucie demasiado, es muy común que en los trópicos las avispas tomen esta cubierta para construir su nido. El Nova Lynx 225-930 no requiere mantenimiento.

Calibración: El sensor automático debe ser enviado cada año al distribuidor de Campbell para calibración.

### **3.4.7 Condiciones de emplazamiento**

#### a. Condiciones específicas por instrumento

El sensor para los datos automáticos al estar integrado con el sensor de temperatura comparte con este las mismas condiciones de emplazamiento, según la OMM, se deben situar entre 1.25 y 2.00 metros de altura por encima

del nivel del suelo, la ubicación mas usual es de 1.5 metros. El sensor que se utiliza puede ser afectado perceptiblemente por la luz del sol, la radiación y fenómenos tales como precipitación, rocío, helada y viento, por esta razón, se debe de proteger dentro de un protector de radiación. El otro sensor manual debe compartir las características de altura y protección igual que el sensor automático nada más que este debe estar ubicado dentro de la garita.

b. Condiciones de los alrededores del sitio

El mejor lugar para realizar las mediciones es por encima del nivel del suelo sin árboles o edificios cercanos. El terreno sobre el cual se están realizando las medidas debe estar cubierto con hierba corta.

## **3.5 Presión Atmosférica**

### **3.5.1 Descripción**

a. Nomenclatura de la variable:

Nombre general: presión atmosférica, este es el nombre que utiliza la OMM.

b. Definición:

La presión atmosférica es la fuerza que ejerce por unidad de superficie como resultado del peso de la atmósfera por encima del punto de medición. Esta presión es igual al peso de la total columna vertical de aire sobre la unidad de superficie.

### 3.5.2 Unidades:

La unidad estándar válida para el Sistema Internacional es el pascal (Pa) que es equivalente a un newton por metro cuadrado. Es importante mencionar que muchos de los barómetros vienen graduados en milibares, un milibar es equivalente a cien pascales lo que es lo mismo un hectopascal. Para mayor facilidad para OET se recomienda utilizar como unidad de medida milibares.

Algunos otros barómetros que deberían estar graduados en milibares utilizan milímetros o pulgadas de mercurio que se expresan  $(\text{mm Hg})_n$  y  $(\text{in Hg})_n$  respectivamente, para estos casos especiales se utilizan los siguientes factores de conversión:

- $1 \text{ hPa} = 0.750062 (\text{mm Hg})_n$
- $1 (\text{mm Hg})_n = 1.333224 \text{ hPa}$
- $1 \text{ hPa} = 0.029530 (\text{in Hg})_n$
- $1 (\text{in Hg})_n = 33.8639 \text{ hPa}$
- $1 (\text{mm Hg})_n = 0.03937008 (\text{in Hg})_n$

### 3.5.3 Variables derivadas

La típica variable derivada es la presión atmosférica actual, la cual la clasificamos con primaria y se refiere exclusivamente a la presión del aire en un momento específico. Las variables:

- Primarias,
  - presión atmosférica valor actual

### 3.5.4 Requerimientos Operacionales

a. Rango:

El rango establecido por la OMM, para las observaciones de presión atmosférica es de: 980 – 1080 hPa

b. Resolución:

De acuerdo con la norma de la OMM en meteorología se requiere una resolución de 0,1 hPa.

c. Exactitud requerida:

El margen de error para las mediciones de presión atmosférica requerido por la OMM es de  $\pm 0.3$  hPa.

d. Frecuencia de observaciones requerida

Muestreo manual: Para las mediciones de presión atmosférica la OET utiliza un sensor de Nova Lynx 230-P111, la medición se realiza cada día a las 7:00 am. El procedimiento es muy simple solo se observa y se registra la lectura del sensor en la hoja de la estación, luego apenas se tenga acceso a la PC se digitan los datos en la hoja Excel de datos manuales, en todas las mediciones manuales se registra la hora (siendo o no las 7 am.) esto con el fin de validar luego contra los datos automáticos de la misma estación contra un juego de datos de otro proveedor.

Muestreo automático: Se registran valores actuales de presión atmosférica cada 30 minutos y diariamente cortando a las 7:00 am. Estos valores se obtienen activando el sensor un minuto antes de la medición y apagándolo para evitar consumo eléctrico luego de tomar la medición.

### 3.5.5 Instrumentos

Instrumentos manuales: Se utiliza el barómetro modelo 225-930 de Nova Lynx el cual se acerca a las características requeridas por la OMM aunque tiene un margen de error un poco más amplio pero bastante aceptable.

Instrumentos automáticos: Se recomienda utilizar el modelo C105 o C106 de Vaisala, este último con un margen de error mas reducido que cumple con las reglas de exactitud dictadas por la OMM.

### **3.5.6 Procedimientos**

#### **a. Procedimientos de medición**

Muestreo manual: La presión atmosférica se registra diariamente a las 7 am, registrando la lectura del barómetro en la hoja de datos, para luego hacer la digitación en el Excel de datos manuales en la computadora de la estación meteorológica.

Muestreo automático: solo se debe configurar el datalogger para que registre los valores de presión atmosférica cada 30 minutos y diaria (con la respectiva hora en que se dio la medición) tomando como hora corte las 7 de la mañana.

#### **b. Procedimientos de mantenimiento y calibración**

Mantenimiento: El sensor de Vaisala no tiene partes ajustables, solo se debe mantener en un lugar seco. El Nova Lynx tampoco requiere mantenimiento.

Calibración: El sensor de Vaisala debe ser enviado cada año al distribuidor de Campbell para calibración.

### **3.5.7 Condiciones de emplazamiento**

#### a. Condiciones específicas por instrumento

El sensor para los datos automáticos precisa de una atmosfera limpia y seca que no contenga sustancias corrosivas y lejos de fuentes electromagnéticas se recomienda instalarlo dentro de la misma caja a prueba de humedad donde se instala el datalogger comúnmente entre 1.25 y 2.00 metros de altura por encima del nivel del suelo. El otro sensor manual debe compartir las características de altura y protección dadas por la garita donde se encuentran los otros sensores manuales.

#### b. Condiciones de los alrededores del sitio

El mejor lugar para realizar las mediciones es por encima del nivel del suelo sin árboles o edificios cercanos.

## **3.6 Viento**

### **3.6.1 Descripción**

#### a. Nomenclatura de la variable:

Nombre general: viento, la OMM lo especifica como viento en superficie.

#### b. Definición:

En una forma simple se denomina como el movimiento del aire, pero para cuestiones meteorológicas vamos a considerar el viento como una cantidad vectorial de dos dimensiones establecidas por los números que representan su velocidad y dirección en un tiempo dado. OMM NO. 8, 1996, 5.1.1. La unidad estándar para la dirección del viento se da en grados dextrósum (es decir en sentido de las agujas del reloj) a partir del norte o en la escala 0-36 o 0-360 donde 36 o 360 es el viento norte y 09 o 90 es el viento del este.

### **3.6.2 Unidades**

Las unidades reconocidas por el Sistema Internacional son:

- velocidad del viento: m/s
- dirección del viento: grados
- ráfaga del viento: m/s

En la meteorología operacional y en particular en la meteorología de la aviación, usualmente se utiliza el nudo para determinar la velocidad y la velocidad de la ráfaga (se abrevia kts). 1 nudo = 1 milla náutica por hora = 1852 m / 3600 s = 0.514444 m/s.

### **3.6.3 Variables derivadas**

Del viento pueden distinguirse las siguientes variables:

a) la velocidad del viento:

La velocidad del viento es la velocidad horizontal del aire en metros por segundo.

b) el promedio de la velocidad del viento:

Esta variable se refiere al promedio de la velocidad horizontal de los paquetes de aire pasando un punto geográfico dado durante un periodo previamente definido, por ejemplo 30 minutos.

c) la velocidad de ráfaga de viento máxima:

Esto se refiere a la velocidad máxima del viento en un periodo de tiempo dado, por ejemplo 30 minutos.

d) la dirección del viento:

La dirección del viento desde un punto geográfico dado es la dirección de desplazamiento horizontal del aire. En términos de meteorología se define la dirección del viento como la dirección desde donde viene el viento.

e) el promedio de la dirección del viento:

Se convino internacionalmente que la media dirección del viento sea basado en un promedio de las direcciones del viento involucraron en que todos los vectores correspondientes, además, cuando el promedio de la dirección del viento es determinada no se toman en cuenta las velocidades asociadas con esos vectores.

f) la velocidad del vector del viento:

Es el promedio de velocidad o desplazamiento que se calcula no solo tomando en cuenta la velocidad normal del viento si no también la dirección hacia donde el viento se desplaza.

### **3.6.4 Requerimientos Operacionales**

a. Rango:

El rango operacional para las observaciones de velocidad del viento y dirección dadas por el OMM son:

- la velocidad promedio del viento: 0 - 70 m/s; las ráfagas del viento: 5 -75 m/s;
- la dirección del viento:  $>0$  y  $\leq 360$  grados.

b. Resolución:

La resolución requerida en la observación del viento esta basada en el informe de meteorología sinóptica y en los mensajes para los aeropuertos y helipuertos es:

- la dirección del viento: 10 grados
- la media velocidad del viento: 0.5 m/s
- las ráfagas: 1 m/s

c. Exactitud requerida

De acuerdo con las regulaciones de la OMM, la exactitud debe ser la siguiente:

- la dirección del viento:  $\pm 5$  grados
- la media velocidad del viento:  $\pm 0.5 \text{ m s}^{-1}$  para  $\leq 5 \text{ m s}^{-1}$ ,  $\pm 10\%$  para  $> 5 \text{ m s}^{-1}$
- las ráfagas:  $\pm 10\%$ .

d. Frecuencia de observaciones requerida

Muestreo manual: Por el momento la OET no utiliza ningún equipo para la toma de datos manuales de viento.

Muestreo automático: Se registran los promedios de velocidad del viento, velocidad vectorial, dirección y desviación estándar de la dirección cada 30 minutos debido a la solicitud de los investigadores con el corte diario a las 7:00 am. Estos promedios se derivan de las mediciones que el datalogger realiza cada 10 segundos. También se almacena la máxima ráfaga o velocidad máxima del viento con la hora correspondiente a que ocurrió durante un periodo de 24 horas cortando igual a las 7:00 am.

### **3.6.5 Instrumentos**

Instrumentos automáticos: debido a las condiciones bastante ventosas que ocurren con más frecuencia en la estación Palo Verde se debe contar con sensor bastante robusto, por tal motivo se recomienda utilizar el modelo 05103 de R.M. Young ofrecido en el catalogo de Campbell.

### **3.6.6 Procedimientos**

#### **a. Procedimientos de medición**

La OET solo realiza el Muestreo automático para el elemento viento, como procedimiento de medición solo se debe configurar el datalogger para que registre los promedios de velocidad, dirección y velocidad vectorial del viento, así como la máxima ráfaga con la hora en que ocurrió cada 30 minutos y la máxima ráfaga a diaria (con la respectiva hora en que se dio la medición) tomando como hora corte las 7 de la mañana. Todas estas mediciones se basan en los registros llevadas a cabo cada 10 segundos por el sensor.

#### b. Procedimientos de mantenimiento y calibración

En los sensores de viento R.M. Young se recomienda hacer una inspección visual al menos una vez al mes, para verificar el estado del aparato y que tan libre gira sobre su propio eje y que tan libre gira la hélice. Reemplace los engranajes cuando empiece a escuchar sonidos o estos no giren libremente.

Se recomienda enviarlo al distribuidor de Campbell al menos cada 2 años para una verificación y calibración completa.

### **3.6.7 Condiciones de emplazamiento**

#### a. Condiciones específicas por instrumento

La altura estándar de los anemómetros utilizados sobre un terreno llano y abierto es de 10 metros.

#### b. Condiciones de los alrededores del sitio

Se denomina terreno abierto a una zona donde la distancia entre el anemómetro y cualquier obstáculo es al menos 10 veces superior a la altura del obstáculo, es muy importante tratar de encontrar un emplazamiento óptimo para que el viento sea representativo para el lugar. Cuando no se puede encontrar una exposición estándar el anemómetro puede instalarse a una altura tal que sus mediciones se vean afectadas lo menos posibles por los obstáculos locales y describan lo que pudiese ser el viento sino hubiese obstáculos a 10 m. pero en general no se ha determinado una regla que funcione para estos casos.

## **3.7 Precipitación**

### **3.7.1 Descripción**

a. Nomenclatura de la variable:

Nombre general: Precipitación

Precipitación es también el nombre utilizado por la OMM.

b. Definición:

Se define como el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o el aire y se deposita en suelo. OMM NO. 8, 1996, 6.1.1, en nuestro caso sería lluvia y el granizo. En otras latitudes la nieve, la escarcha, la precipitación de la neblina y el rocío.

### **3.7.2 Unidades**

La unidad de la precipitación es la profundidad lineal normalmente en milímetros para la precipitación líquida. OMM NO. 8, 1996, 6.1.2

### **3.7.3 Variables derivadas**

La variable típica es la cantidad de la precipitación se refiere al volumen de agua que por el unidad área ( $1 \text{ m}^2$ ) alcanza la superficie de tierra durante un periodo de observación (hora, día, etc.) en el sólido y /o en forma líquida. Para expresarlo en

otras palabras más simples es: cuantos litros de agua caen en un periodo de tiempo por metro cuadrado.

### **3.7.4 Requisitos Operacionales**

Esta sección cubre los requisitos operacionales referentes a la observación de la precipitación.

#### **a. Rango**

El rango operacional, de las dimensiones para las observaciones de cantidad total de agua líquida es de: 0 a >400 mm.

#### **b. Resolución**

La resolución requerida en meteorología sinóptica y para observaciones de climatología de la cantidad de precipitación es de 0.2 mm, esto en concordancia con las regulaciones de la OMM.

#### **c. Exactitud requerida**

Las regulaciones internacionales acerca del uso de palabras y conceptos como la exactitud, la incertidumbre están fijadas en el “Vocabulario Internacional de términos generales y básicos de Metrología” (publ. ISO 1993.).

La exactitud requerida (margen del error) en la cantidad de agua líquida medida no debe ser mayor que:  $\pm 0.1\text{mm}$  para  $\leq 5\text{mm}$  y  $\pm 2\%$  para  $>5\text{mm}$ . Este requisito está de acuerdo con las regulaciones de OMM (OMM NO. 8, 1996, Anexo 1.B).

#### d. Frecuencia de observaciones requerida

Muestreo manual: La OET realiza el Muestreo manual, de los datos de precipitación cada 24 horas a las 7:00 am. para coincidir con las mediciones llevadas a cabo con por el IMN.

Muestreo automático: Se registran la cantidad de lluvia diaria acumulada, tomando como parámetro de corte las 7:00 am., esto para coincidir con las mediciones manuales. También se registran la cantidad acumulada de lluvia cada 30 minutos debido a la solicitud de los investigadores.

### **3.7.5 Instrumentos**

Instrumentos manuales: El pluviómetro es el instrumento más frecuentemente utilizado para medir la precipitación. Generalmente se usa un cilindro cuya boca receptora tiene un área de 200 centímetros cuadrados, que se transforma en un embudo y ocupa aproximadamente la mitad del cilindro. El agua recogida va a través del embudo hasta un recipiente colocado directamente en la boca estrecha del embudo llamada colector, esto recipiente para evitar la evaporación por calentamiento, está aislada del cilindro exterior. El pluviómetro utilizado por OET puede ser provisto por el IMN, también se puede utilizar el modelo 260-2520 Forestry de Nova Lynx o construir alguno con las características descritas anteriormente de alguna material que no se oxide.

Instrumentos automáticos: Para cumplir con las reglas de exactitud dictadas por la OMM y manejar un sensor de alta calidad se recomienda utilizar el sensor de precipitación TE525MM Texas Electronics 24.5 cm o el TB-4 de Hidrological Services.

### 3.7.6 Procedimientos

#### a. Procedimientos de medición

Muestreo manual: Para medir la precipitación se abre el pluviómetro manual y se saca el recipiente que capta el agua y se vierte en una probeta de vidrio o de plástico graduado con una escala de décimas de milímetros, las rayitas largas que definen los milímetros y las cortas definen décimas de milímetro, luego se anota en la hoja la cantidad de agua, luego se digita los datos en la hoja Excel en la computadora de la estación meteorológica. Esta medición se realiza todos los días en punto a las 7 am. En todas las mediciones manuales se registra la hora (siendo o no las 7 am.) esto con el fin de validar luego contra los datos automáticos de la misma estación contra un juego de datos de otro proveedor.

Muestreo automático: Se registran los totales de precipitación diarios y cada 30 minutos cortando a las 7:00 am., acumulando toda la lluvia que cae durante el día.

#### b. Procedimientos de mantenimiento y calibración

Mantenimiento: En lo que corresponde tanto al pluviómetro manual como el automático TE525MM o TB-4 no se requiere mayor mantenimiento solo limpieza al menos una vez por semana para asegurarse que no haya suciedad, ni insectos que afecten el mecanismo utilizado para medir la cantidad de agua.

Calibración: El pluviómetro manual no requiere ningún tipo de calibración. Con el sensor automático al menos una vez al año se debe verter una cantidad de agua específicamente medida dentro del pluviómetro con la idea de ver cuanta cantidad el registra el aparato dependiendo de esto se ajusta el sistema con

un desatornillador, se debe buscar el procedimiento completo en el manual de fabrica del aparato (si no se tiene a mano este puede ser accedido a través del Internet). Cabe mencionar que la cantidad de agua que registre el pluviómetro va a depender del área de la boca del mismo.

### **3.7.7 Condiciones de emplazamiento**

#### **a. Condiciones específicas por instrumento**

Se debe ubicar el sensor en un lugar plano libre de obstáculos. La boca del sensor se debe de mantener a 1.5 metros sobre el suelo.

#### **b. Condiciones de los alrededores del sitio**

La distancia del aparato de medición a los obstáculos próximos (árboles, paredes, edificios, etc.) debe ser por lo menos dos veces y preferiblemente cuatro veces la altura del obstáculo sobre el plano del borde superior del pluviómetro. Ejemplo: para un obstáculo de 5 metros el calculo sería  $5.0 - 1.5 = 3.5$  m. La distancia del sitio de la medida al obstáculo debe ser por lo menos  $(2 \times 3.5 =) 7.0$  m. y preferiblemente de  $(4 \times 3.5 =) 14.0$  m. El terreno sobre el cual se están realizando las medidas debe estar cubierto con hierba corta.

## **3.8 Radiación**

### **3.8.1 Descripción**

a. Nomenclatura de la variable:

Nombre general: Radiación

Radiación es también el nombre utilizado por la OMM.

b. Definición:

La radiación solar es la energía proveniente del sol recibida por la tierra; una parte penetra la atmósfera mientras que otra es dispersada y/o absorbida por las moléculas gaseosas partículas de aerosoles y las gotas de agua o cristales de hielo presentes en las nubes. La radiación difusa al llegar al suelo después de su primer paso a través de la atmósfera conjuntamente con la radiación directa es en parte reflejada por el suelo. Esta radiación reflejada por el suelo hacia el espacio, posteriormente, es parcialmente reflejada nuevamente hacia el suelo por la atmósfera, este proceso continúa indefinidamente. La radiación global es el la suma de la radiación directa y la radiación difusa, para OET esta es el elemento a medir.

### 3.8.2 Unidades

La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, esta mide la energía que por unidad de tiempo y área alcanza a la Tierra. Su unidad es el  $W/m^2$  (vatio por metro cuadrado). Para el total del flujo de radiación se utiliza  $MJ/m^2$  (mega julios por metro cuadrado).

### 3.8.3 Variables derivadas

Para la radiación se derivan las siguientes variables:

- Primarias, medidas cada 30 minutos.
  - Promedio
  - Máxima

- Mínima
- Desviación estándar
- Secundarias, en un periodo de 24 horas.
  - Total (o radiación neta)

### 3.8.4 Requisitos Operacionales

Esta sección cubre los requisitos operacionales referentes a la observación de la radiación.

#### a. Rango

El rango operacional, para la radiación es de: 0 a 1373 W m<sup>2</sup>, este ultimo numero es lo que se llama constante solar que se define como la máxima energía del sol que llega a la atmosfera superior de la tierra. También se debe tomar en cuenta que algunos de los instrumento contabilizan valores negativos en las horas de la noche por ejemplo, estos valores deben ser incluidos como cero.

#### b. Resolución

La resolución requerida en meteorología por la OMM es de  $\pm 1 \text{ W/m}^2$  para los equipos de alta calidad y  $5 \text{ W/m}^2$  para los de buena calidad.

#### c. Exactitud requerida

La exactitud requerida (margen del error) para la radiación global debe ser de  $\pm 2\%$  y de  $\pm 5\%$  para la radiación neta. Este requisito está de acuerdo con las regulaciones de OMM.

#### d. Frecuencia de observaciones requerida

Muestreo manual: La OET no realiza ningún muestreo manual de radiación.

Muestreo automático: Se registran el promedio, máxima, mínima y desviación estándar de la radiación cada 30 minutos empezando a las 4:30 am. y terminando a las 6:30 pm. Además se registra la radiación total acumulada durante el mismo periodo.

### **3.8.5 Instrumentos**

Instrumentos manuales: No se realiza ninguna medición manual en esta variable.

Instrumentos automáticos: Para la radiación que consta de diferentes variables existen diferentes equipos como el pirheliómetro para medir radiación solar directa, pero en el caso de OET que mide radiación global se utiliza el piranómetro. Se recomienda utilizar un sensor de alta calidad distribuido por Campbell de la marca Licor modelo LI-200X.

### **3.8.6 Procedimientos**

#### a. Procedimientos de medición

En lo que concierne a radiación en la OET solo se realiza el muestreo automático, como procedimiento de medición solo se debe configurar el datalogger para que registre el promedio, la máxima, la mínima y la desviación estándar cada 30 minutos entre la 4:30 de la mañana y las 6:30 de la tarde.

Además de generar el total diario cortando a las 6:30 pm. Todas estas mediciones se basan en los registros llevadas a cabo cada 10 segundos por el sensor y el datalogger.

b. Procedimientos de mantenimiento y calibración

En cuanto a los sensores de radiación estos son muy delicados al menos una vez al mes se deben de limpiar con un paño suave o aire comprimido, revisar también que este correctamente nivelado y que el orificio para que el agua escurra no este obstruido. Se recomienda enviarlo al distribuidor de Campbell al menos cada 2 años para una verificación y calibración completa.

### **3.8.7 Condiciones de emplazamiento**

a. Condiciones específicas por instrumento

Se debe ubicar el sensor en un lugar plano libre de obstáculos, en la parte alta de la estación comúnmente a 3 m. pero si se requiere se puede colocar a mas altura. El sensor se debe colocar en un brazo totalmente nivelado, este brazo ya sea que se encuentre unido a una torre o un trípode se debe de colocar en dirección norte – sur.

b. Condiciones de los alrededores del sitio

El lugar donde se coloque debe estar lejos de paredes techos u otros objetos brillantes que reflejen la luz del sol. Si es posible que no haya ningún tipo de obstrucción sobre el plano del sensor mayor a 5° de inclinación, particularmente dentro del azimut (ángulo en el horizonte en relación a un punto cardinal donde nace o se oculta una estrella).

## **CAPITULO IV SOFTWARE Y ALMACENAMIENTO DE DATOS**

## 4.1 Loggernet

### 4.1.1 Generalidades

Loggernet es una suite de pequeños programas que facilita la configuración, uso y captura de datos utilizando datalogger marca Campbell. En si el programa lo que muestra es una barra de herramientas de la cual se acceden cada uno de las utilidades por separado. La OET tiene por estándar escoger las versiones en ingles de las aplicaciones.

Figura 1: Barra de herramientas de Loggernet



Fuente: Computadora Estación Meteorológica La Selva, Mayo 2008.

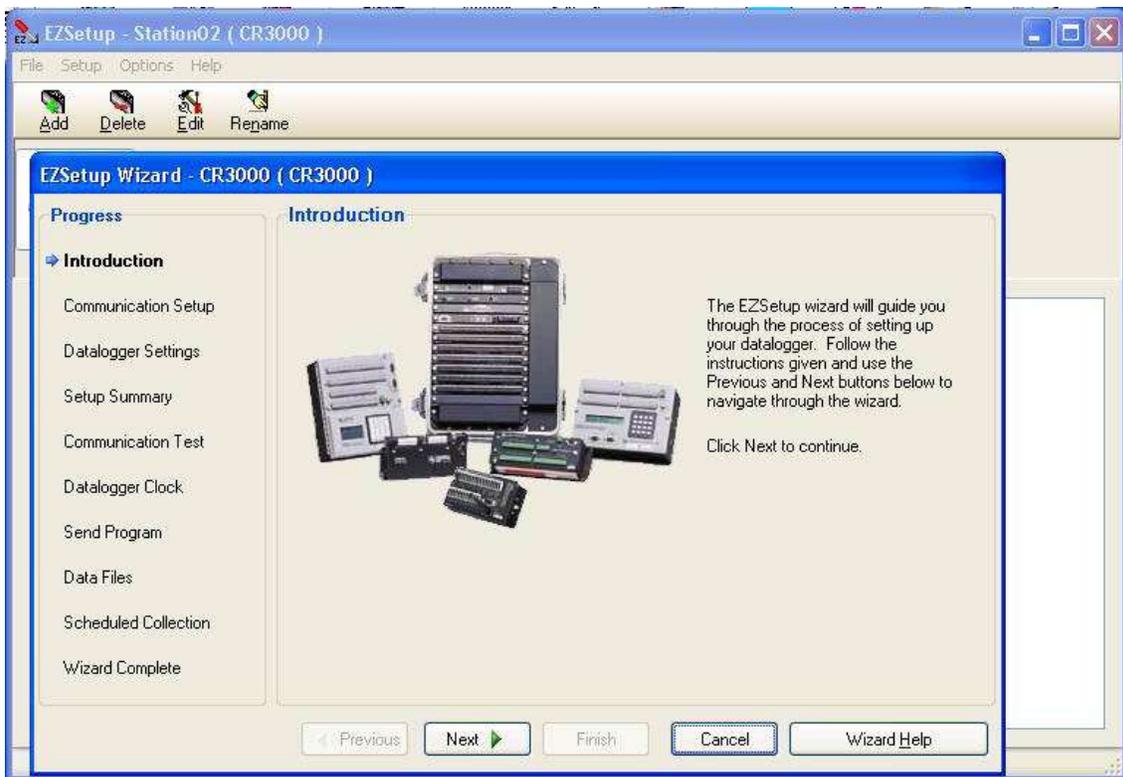
### 4.1.2 Conexión del datalogger a la computadora

Como se debe suponer para la conexión del datalogger a la computadora debe existir un medio físico; Campbell ofrece varias soluciones a este problema entre ellas: conexión directa, vía modem, conexión inalámbrica vía radio. La recomendada para utilizar en nuestro medio es la conexión vía modem debido a que ofrece mayor protección contra picos de voltaje (comúnmente se quema el modem y no el datalogger) y es bastante barata. La conexión directa a pesar de ser la mas barata expone de sobre manera el equipo a sobrecargas de voltaje, y por ultimo la conexión vía radio es un equipo muy bueno pero extremadamente caro.

Para la conexión con modem se utiliza los “RAD Short Haul Modem”, uno a cada extremo de la conexión al igual que sucede con la interconexión de computadores, utilizando como medio un cable telefónico de 4 hilos. Para más información sobre este tipo de aparatos consultar: <http://www.campbellsci.com/srm-5a>

Loggernet, en la aplicación “EZsetup” ofrece una facilidad de varios pasos del tipo asistente de instalación que guía la persona durante la conexión de una manera sencilla.

Figura 2: Inicio del asistente de EZsetup de Loggernet



Fuente: Computadora Estación Meteorológica La Selva, Mayo 2008.

Se incluye una breve descripción de las tareas a realizar en cada paso con el fin de lograr una conexión exitosa entre la computadora y el datalogger.

- “Introduction”: En esta pantalla solo presenta un poco de información con respecto al proceso.

- “Communication Setup”: En esta sección se compone de tres sub-pasos: primero hay que seleccionar de la lista el modelo del datalogger que corresponde con el que estamos instalado y se digita el nombre de la estación y presionar el botón “next”, para los formatos de OET será: “StationXX” las X corresponden a un número consecutivo, consultar con el coordinador de manejo de información el número correspondiente. Segundo se debe seleccionar de la lista el modo de comunicación en este caso utilizando los “RAD Short Haul Modem” se escoge: “Direct connect”. Por último se selecciona cual puerto “com” del computador se va a utilizar.
- “Datalogger settings”: Aquí solo dos parámetros a considerar primero la velocidad de transmisión entre el datalogger y la computadora comúnmente se utiliza 9600 bits por segundo. El segundo parámetro es el “Pakbus address” este es un número para identificar cada equipo en una red por lo cual se recomienda corroborar que sea único, en este caso es mejor colocar el equivalente al número que se agrega al nombre de la estación.
- “Setup Summary”: En esta ventana solo se muestra un resumen de las opciones seleccionadas en los pasos anteriores, para facilitar la instalación presionar el botón “Finish”.

Las otras opciones del asistente de configuración como enviar un programa, horario de recolección de datos serán explicadas más adelante.

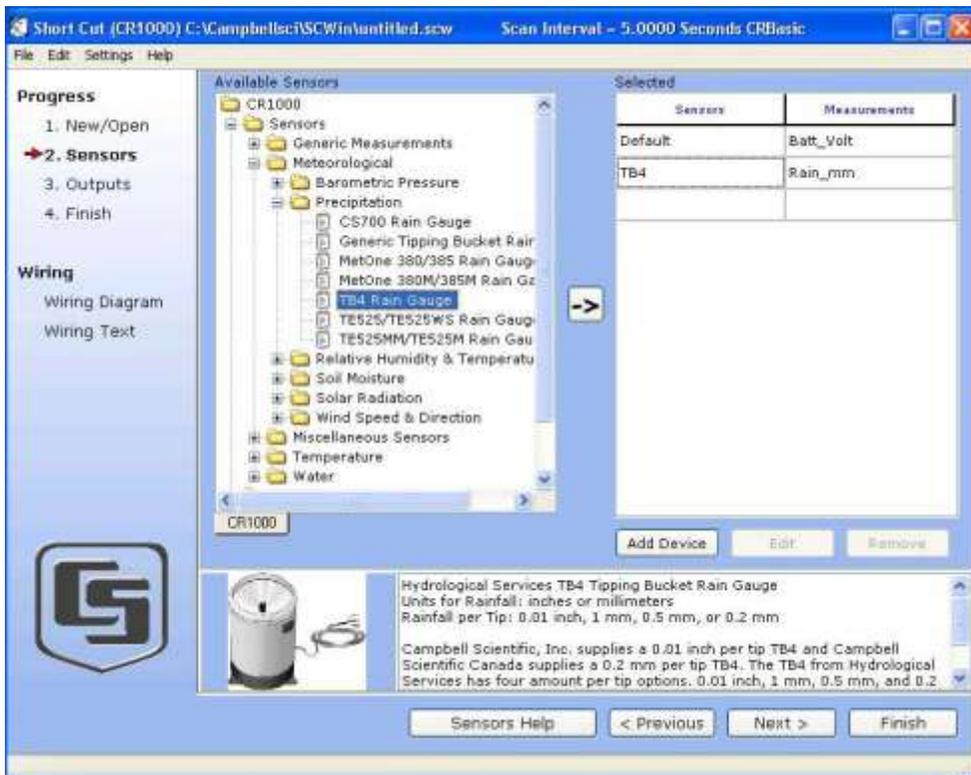
#### **4.1.3 Creación del programa del datalogger**

El primer paso antes de iniciar con la configuración del equipo, es planear que variables se quieren y se pueden obtener con el juego de sensores con que se cuenta y en que tiempos se quieren obtener esas variables. Otro punto muy

importante a tomar en cuenta es que al ser el datalogger una pequeña computadora con las mismas funciones de ingreso, procesamiento y salida de los datos, necesita un programa que maneje el hardware durante este proceso. En este caso en particular Campbell tiene varias herramientas que facilitan escribir el programa, de ellas nos interesan dos:

- ShortCut: Es una herramienta para uso del usuario principiante con pocos o ningún conocimiento en el lenguaje Crbasic, solo se necesita conocer los sensores que se van a instalar y tener una idea de que variables y a que hora se quieren obtener del equipo. La aplicación funciona tipo asistente básicamente en tres pasos primero escoger el modelo del datalogger y el tiempo de cada lectura que para el caso de OET es cada 10segundos, luego se agregan de una lista los nombres de los sensores y como paso final se construyen de una manera muy amigable las tablas de acuerdo con las salidas requeridas de los datos. Luego de realizados estos pasos obtenemos dos productos importantes uno es el código del programa para ser cargado en el datalogger y el segundo es un diagrama imprimible de cómo cablear cada sensor en el panel del datalogger.

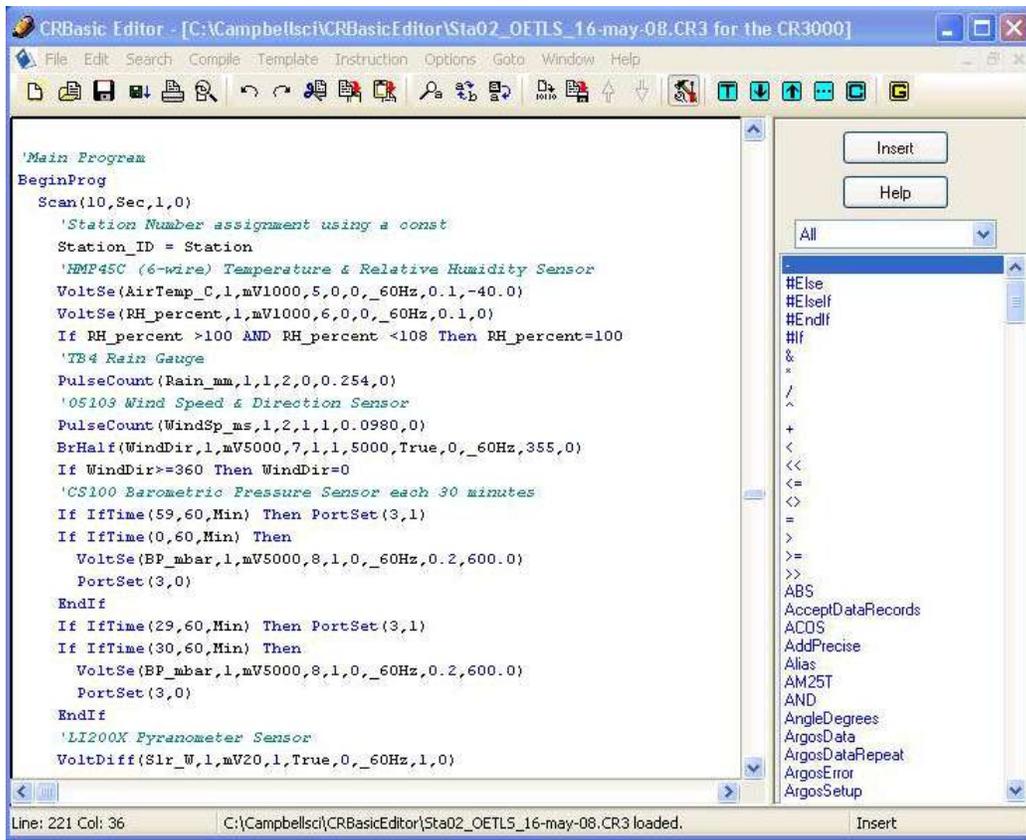
Figura 3: Asistente de Shotcut de Loggernet



Fuente: Computadora Estación Meteorológica La Selva, Mayo 2008.

- Crbasic: Es principalmente un editor de texto en el cual se escriben una a una las instrucciones, presenta algunas facilidades como una ventana a la derecha con todas las funciones que se pueden insertar. Este editor es para usuarios más avanzados, pero muy necesario cuando se trata de agregar algunas condiciones al programa como por ejemplo una muy común: que coloque ceros a los datos de luz durante la noche, en lugar de los valores negativos que tienden a generar los sensores.

Figura 4: Editor de Crbasic de Loggernet



Fuente: Computadora Estación Meteorológica La Selva, Mayo 2008.

Un programa para un datalogger en Crbasic se compone de varias secciones las cuales se explican brevemente a continuación, para que el usuario adquiera una noción del lenguaje en si y como esta estructurado, Por defecto las instrucciones están basadas en el lenguaje inglés pero las variables, nombres de las tablas se pueden escribir en cualquier idioma, en el caso de OET el lenguaje aceptado es el inglés. Para comprender todas las topologías que involucra el lenguaje, favor contactar a Campbell Scientific [www.campbellsci.com](http://www.campbellsci.com)

Por defecto el Crbasic coloca el modelo de datalogger para el cual se construye el programa de manera comentada como la primer línea del programa, para OET cualquier modificación que se agregue al programa deberá estar brevemente

explicada con un comentario bajo el modelo del datalogger, para que el programa comprenda que un texto es un comentario se inicia escribiendo un apostrofe.

```
'CR3000
' 6 mar 08: Add More reg # last val tbl, ecastro
' 14 may 08: Add calc RTMC, ecastro
```

En la próxima sección se declaran las variables y las constantes de una manera simple como muestra el ejemplo:

```
Const Station=2
Public Station_ID
Public AirTemp_C
```

Luego como un paso opcional se pueden definir las unidades de cada una de las variables que se definieron previamente.

```
Units AirTemp_C= deg C
Units RH_percent= %
Units Rain_mm = mm
```

El siguiente paso consiste en definir las tablas que funcionan como salida de datos, primero se define un nombre, la segunda función define la hora en que los datos se generan luego las siguientes instrucciones definen las columnas de las variables que se desean incluir y el tipo de calculo ya sea promedio, un total, etc. Para terminar con la definición se utiliza la función “EndTable”. A parte de las tablas definidas por el usuario el datalogger cuenta con dos tablas mas por defecto: “Public” acá es donde se va almacenado los datos leídos en el momento antes de ser procesados y pasados a las tablas definidas por el usuario y la tabla “Status” que contiene las variables propias con información del datalogger.

```
DataTable(LS_Daily_7am,True,-1)           'Daily      Output,      7am
DataInterval(420,1440,Min,10)
Sample (1,Station_ID,UINT2)
```

```

Average(1,AirTemp_C,FP2,False)
Maximum(1,AirTemp_C,FP2,False,True)
Minimum(1,AirTemp_C,FP2,False,True)
Average(1,RH_percent,FP2,False)
Totalize(1,Rain_mm,FP2,False)
EndTable

```

La última sección es el cuerpo del programa como tal, en cual inicia definiendo el intervalo de toma de datos, en el caso de OET se establece en 10 segundos. Esta instrucción es seguida de las líneas de código que accionan los sensores, luego de estas algunas instrucciones con cálculos especiales como las condicionales (“if”), y por ultimo las funciones que hacen el llamado a las tablas de datos previamente definidas.

```

'Main Program
BeginProg
    Scan(10,Sec,1,0)
        'Station Number assignment using a const
        Station_ID = Station
        'HMP45C (6-wire) Temp & Relative Humidity Sensor
        VoltSe(AirTemp_C,1,mV1000,5,0,0,_60Hz,0.1,-40.0)
        VoltSe(RH,1,mV1000,6,0,0,_60Hz,0.1,0)
        If RH >100 AND RH <108 Then RH =100
        'TB4 Rain Gauge
        PulseCount(Rain_mm,1,1,2,0,0.254,0)

    'Call Data Tables and Store Data
        CallTable(LS_30min)
        CallTable(LS_30min_Last96)
        CallTable(LS_Daily_7am)

    NextScan
EndProg

```

En este manual no se realiza la especificación de las instrucciones necesarias para todos los sensores que utiliza OET dado que varían entre modelos y versiones de fabricación, se recomienda siempre revisar el manual incluido cuando se adquiere el equipo, en ellos se especifica con ejemplo las funciones

que se deben incluir en el Crbasic y los pasos a realizar para cablear el sensor (conectarlo al panel de alambrado del datalogger).

A manera de resumen para crear el programa de un datalogger Campbell primero se definen las variables, las unidades y las tablas de datos, las ultimas se generan en ciertos lapsos como por ejemplo cada hora, cada 30 minutos o diariamente. Luego se incluye el cuerpo del programa donde se establece el tiempo de toma de datos y las funciones que activan los sensores y por ultimo se llama el procedimiento que llena las tablas de datos.

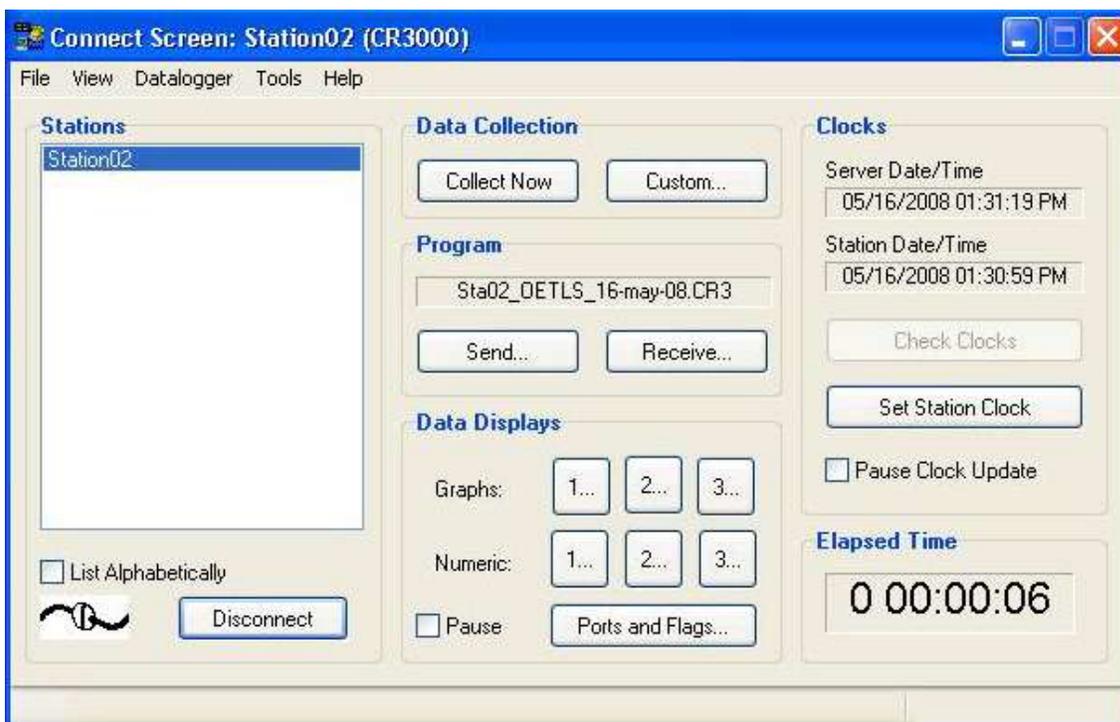
En el caso de OET el programa se ejecuta cada 10 segundos tomando datos almacenándolos en memoria para luego ejecutar las tablas totalizando, promediando o agregando los datos.

#### **4.1.4 Envío del programa del datalogger**

Luego de realizar con éxito la conexión del datalogger y haber creado el programa que establece el funcionamiento del mismo. Este se debe de pasar de la computadora al datalogger para que este inicie la recolección de los datos.

Para realizar esta tarea utilizamos otra de las aplicaciones de Loggernet llamada: "Connect", acá vamos a seleccionar nuestro datalogger de la lista de la izquierda y luego presionar el botón "Connect", si el botón cambia su texto a "Disconnect" la conexión ha sido exitosa. Para enviar el programa se presiona el botón "Send" se busca dentro de las carpetas el programa que creamos y se selecciona. Esta es una tarea extremadamente delicada porque al remplazar el programa se pierden todos los datos que no hayan sido recolectados en ese momento, por esto se puede en la parte media superior de esta ventana existe un botón para recolectar los datos en este momento antes de cambiar el programa. También se puede establecer un formato de recolección automática (más información en la siguiente sección).

Figura 5: Ventana de Conexión de Loggernet



Fuente: Computadora Estación Meteorológica La Selva, Mayo 2008.

Una forma de evitar la dudas acerca si el datalogger o los sensores estén funcionando antes de esperar la primera salida de datos treinta o sesenta minutos después, se encuentra en esta utilidad: "Connect", presionado alguno de los botones numerados del uno al tres uno puede agregar las variables a una tabla o un grafico, al agregar las variables se debe seleccionar la tabla "Public" para ver los datos en el momento.

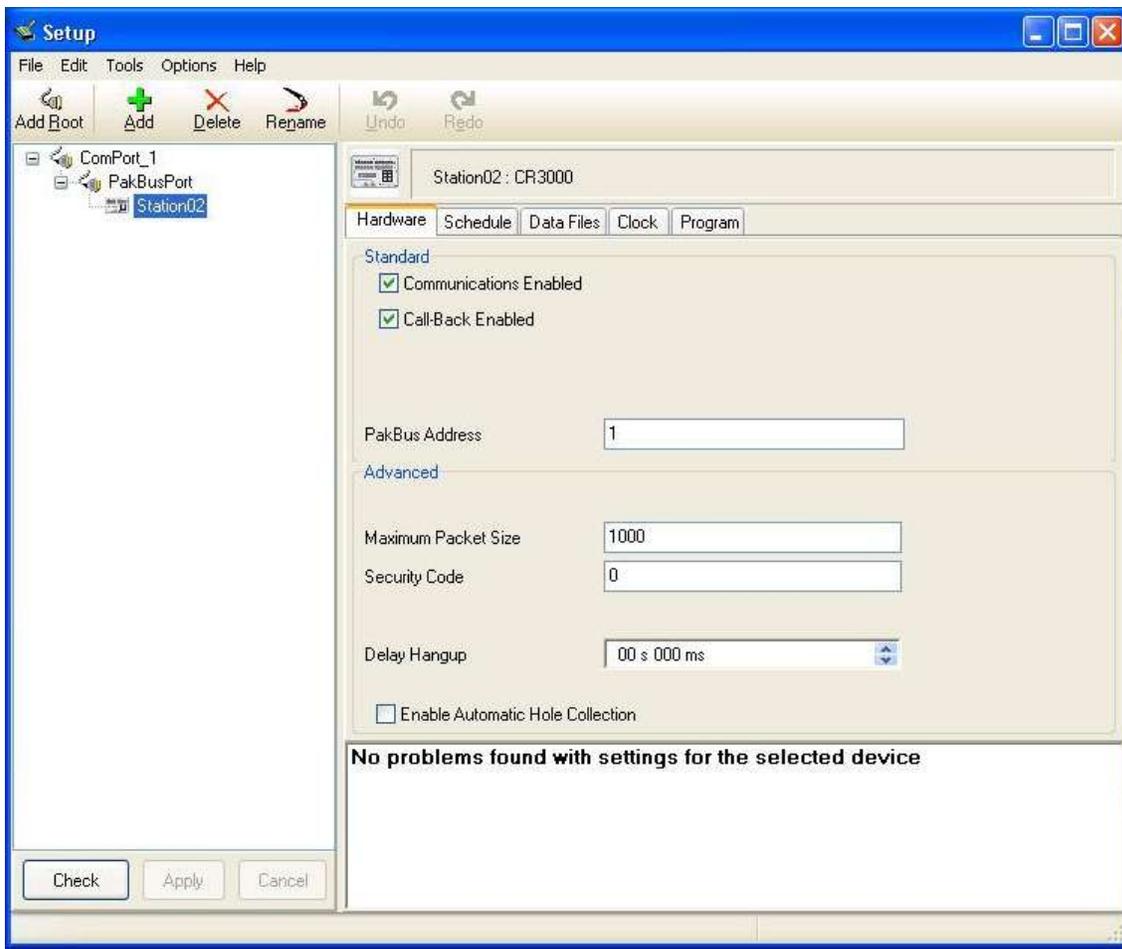
Station07 Numeric Display 1: Real Time Monitoring (Connected)						
Add...	RecNum	1,822	WindDir	103.10	PanelTemp_C	33.00
	TimeStamp	2008 13:30:16	Wind_max_today	4.04	Batt_Volt	12.96
Delete	Station_ID	2.00	Wind_max_Hr	9.00	PrgSize	56,325.00
Delete All	AirTemp_C	31.32	Wind_max_Min	19.00	Hour(1)	2,008.00
Options...	AirTemp_max	31.69	BP_mbar	1,007.46	Hour(2)	5.00
	AirTemp_min	0.00	Slr_W	783.20	Hour(3)	16.00
Stop	AirT_max_Hr	11.00	Slr_MJ	0.01	Hour(4)	13.00
	AirT_max_Min	44.00	PAR_Den	9.99	Hour(5)	30.00
Help	AirT_min_Hr	0.00	PAR_Tot	0.00	Hour(6)	10.00
	AirT_min_Min	0.00	Slr_Tot	1,751.32	Hour(7)	0.00
	RH_percent	60.78	Slr_Dif	812.50	Hour(8)	6.00
	Rain_mm	0.00	SoilTemp_C	29.59	Hour(9)	137.00
	Rain_accum_today	0.00	SoilWVC	0.47	Minutes	810.00
	Rain_accum_lastday	0.00	PA_uS	32.50		
	WindSp_ms	1.83	Encl_RH	34.89		

Fuente: Computadora Estación Meteorológica La Selva, Mayo 2008.

#### 4.1.5 Configuración final del datalogger

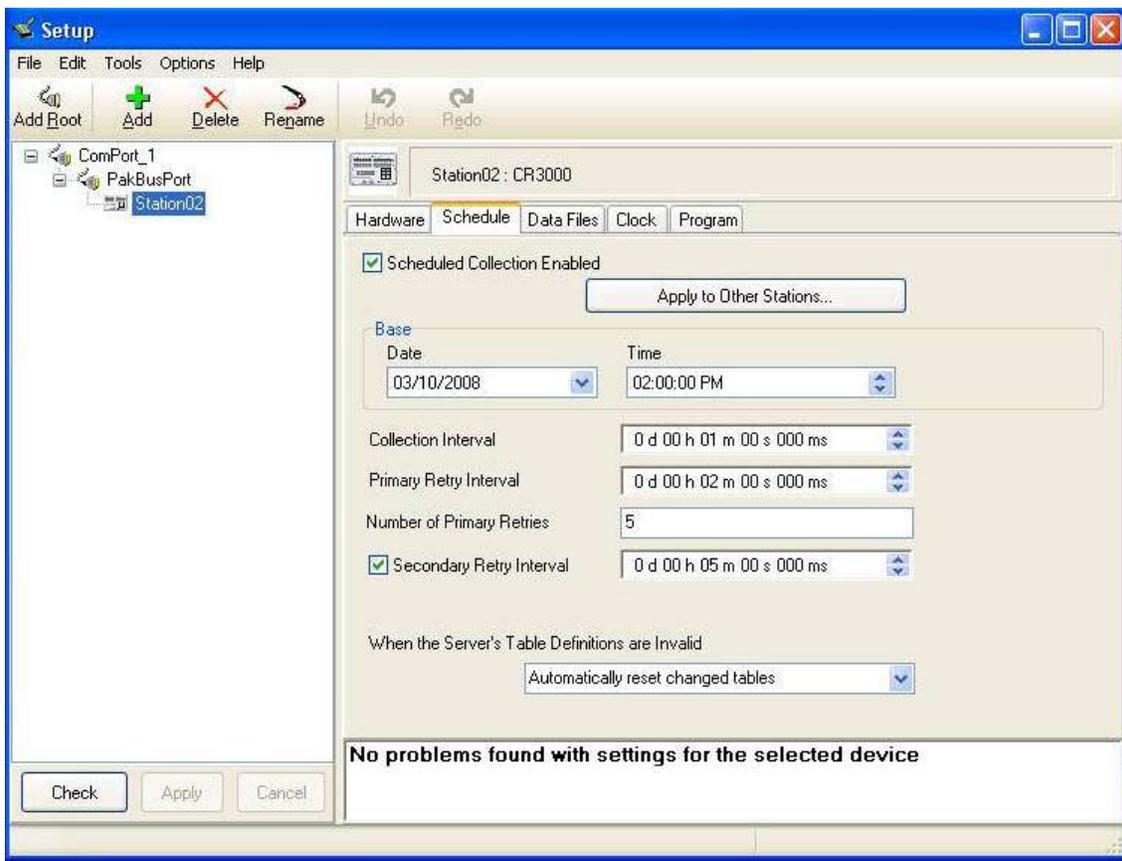
Como paso final en la configuración del datalogger tenemos dos utilidades más que nos ayudan a terminar el proceso. Primero vamos a utilizar “Setup” para revisar algunos parámetros y establecer la recolección automática de los datos.

Al ingresar a la aplicación “Setup” nos vamos a encontrar una columna a la izquierda donde podemos seleccionar con un clic la estación que necesitamos configurar. Al seleccionar la misma en la ventana se muestran cinco cejillas en el lado derecho, en la primer cejilla “Hardware” se debe revisar que las dos primeras opciones estén marcadas, digitar en el campo “PakBus Address”: el número correspondiente de acuerdo con el nombre de la estación.



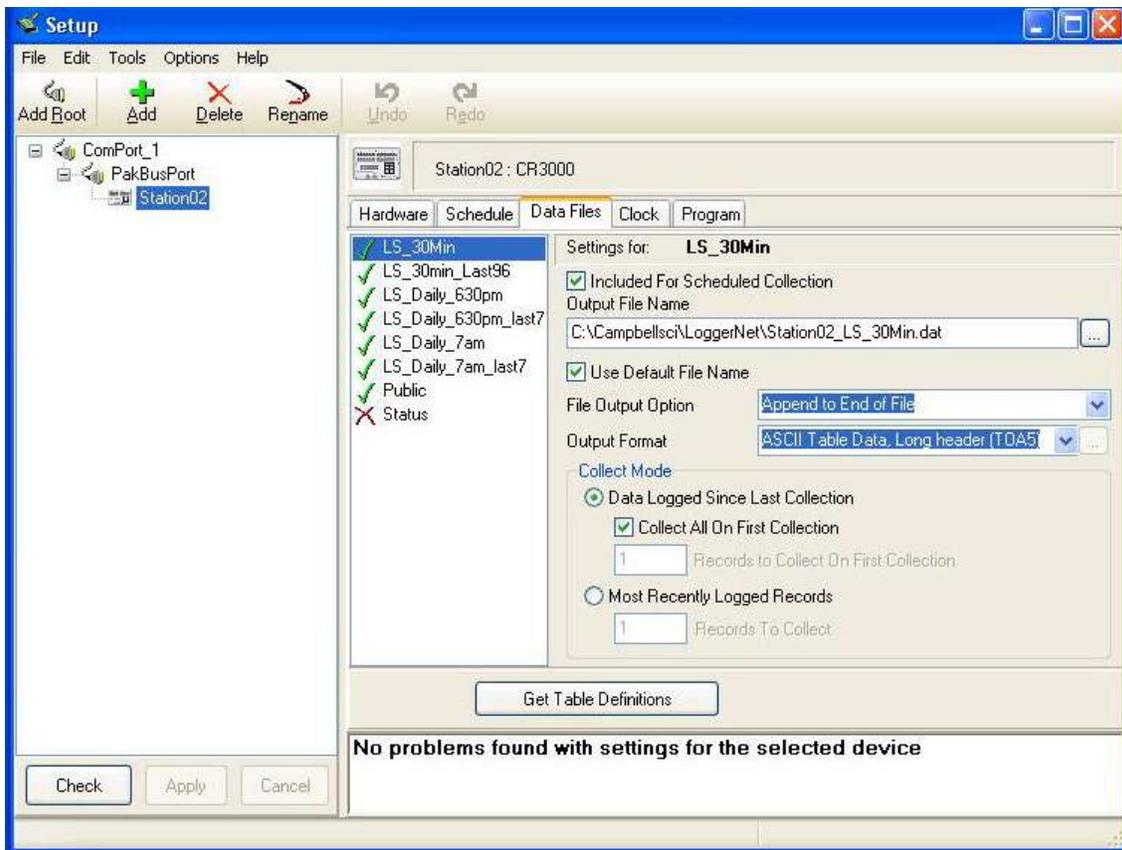
Fuente: Computadora Estación Meteorológica La Selva, Mayo 2008.

La siguiente cejilla “Schedule” es muy importante porque acá se configura el intervalo de transferencia de datos desde el datalogger a la computadora. El primer paso es asegurarse que la primera opción “Scheduled Collection Enabled” este marcada. Luego se selecciona una fecha apenas mayor que la fecha actual, el “Collection Interval” se recomienda colocarlo en el mismo intervalo en que se generan las tablas de datos en este caso cada 30 minutos. El “Primary Retry Interval”, se ajusta a dos minutos por si la recolecta falla, la siguiente opción “Number of Primary Retries” en 5 para asegurarse que existan los intentos necesarios cuando el primero falla. Aunque suene repetitivo pero también existe una opción para activar un intervalo secundario de intentos para bajar los datos, se recomienda activar esta opción marcando “Secondary Retry Interval” y estableciendo el intervalo en 5 minutos.



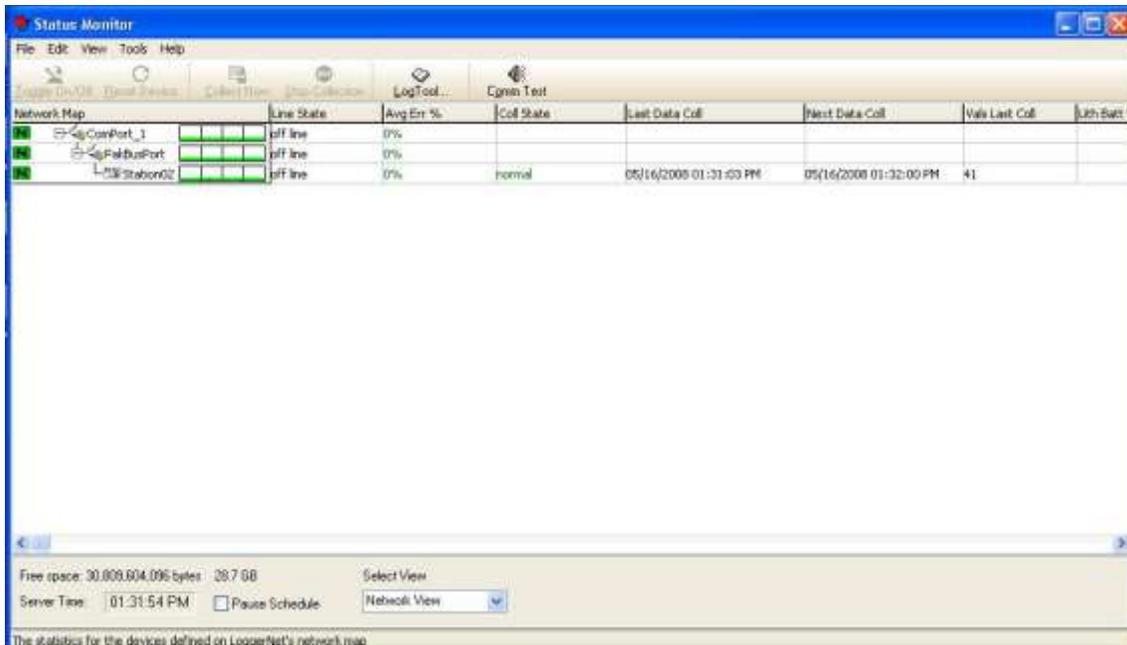
Fuente: Computadora Estación Meteorológica La Selva, Mayo 2008.

La tercer cejilla “Data Files” se establece el formato de los archivos, hay que seleccionar los parámetros tabla por tabla o lo que es lo mismo archivo por archivo, lo primero que nos debe llamar la atención es que acá se indica donde se salvan en el disco duro los archivos de datos. Algo importante es asegurarse que el formato de salida sea “TOA5”, la cual es un formato con encabezado amplio y mayor descripción de cada variable.



Fuente: Computadora Estación Meteorológica La Selva, Mayo 2008.

Las otras dos cejillas “Clock” y “Program” no hay ningún parámetro que se deba cambiar. Con esta configuración se aseguran que los datos se estén bajando automáticamente del datalogger a la maquina, aun así Loggernet tiene otra facilidad para revisar si toda esta funcionando de manera correcta. Para acceder a esta utilidad haga clic en el botón “Status” de la barra principal de Loggernet, ahí se puede apreciar si existe algún error y cuando fue la ultima recolecta de datos y cuando será la próxima.



Fuente: Computadora Estación Meteorológica La Selva, Mayo 2008.

## 4.2 Almacenamiento y Respaldo de los Datos

### 4.2.1 Almacenamiento de datos automáticos

Primeramente los datos solo se almacenan por defecto en el datalogger. Todos los datalogger Campbell, almacenan los datos en una memoria que varia dependiendo del modelo, basados en esto pueden almacenar hasta la última semana de datos en un modelo como el de OET de una tabla cada 30 minutos y otra diaria. Claro hay que tomar en cuenta que no en todos los casos van a soportar una semana de datos o más, si se utiliza un datalogger para calcular tablas cada 5 minutos el uso de la memoria se incrementa y por ende el espacio disminuye.

En el caso de OET siguiendo la configuración de Loggernet expuesta anteriormente, se asegura que los datos estén almacenados en el datalogger y en

la computadora cada vez que se genera un nuevo registro para cada tabla de datos.

El formato primario de los datos generado por el datalogger es “.dat” que al final es un archivo separados por comas manipulable fácilmente en Excel de Microsoft. Estos archivos se almacenan por defecto en la carpeta: C:\Campbellsci\LoggerNet mismo lugar donde se instala Loggernet; como ya se mencionó en la sección pasada esta dirección puede ser cambiada en la aplicación “Setup” de Loggernet en la cajilla “Data Files”

#### **4.2.2 Almacenamiento de datos manuales**

El encargado de la estación cada mañana a las 7 pasara por el recinto de la estación para recolectar los datos, los cuales se anotan en un formulario y diariamente se digitan en una hoja Excel que se encuentra en la computadora de la estación meteorológica, en la misma carpeta donde se almacenan los datos automáticos,

#### **4.2.3 Respaldo de los datos**

Una de las tareas más importantes en el manejo de información es asegurarse que por ningún motivo se pierdan datos. Comprendiendo el valor de los datos meteorológicos para la organización se establece un sistema de transferencia de archivos y a la vez de respaldo de datos.

Cada 30 minutos por medio de un archivo de procesamiento por lotes, se ejecuta un comando el cual traslada los archivos de Excel de la maquina de la estación meteorológica en cada estación hacia un servidor en la oficina central. Con esto nos estamos asegurando la existencia de los datos en dos lugares distintos, a

parte esto tiene otra ventaja adicional el servidor en las oficinas centrales por protocolo se le realiza un respaldo diario de los datos.

Los datos que lleguen a las oficinas centrales por medio de un proceso automático diseñado por el encargado de redes y servidores tomarán los registros nuevos de cada archivo y los adjuntara a la base de datos meteorológica construida en Oracle.

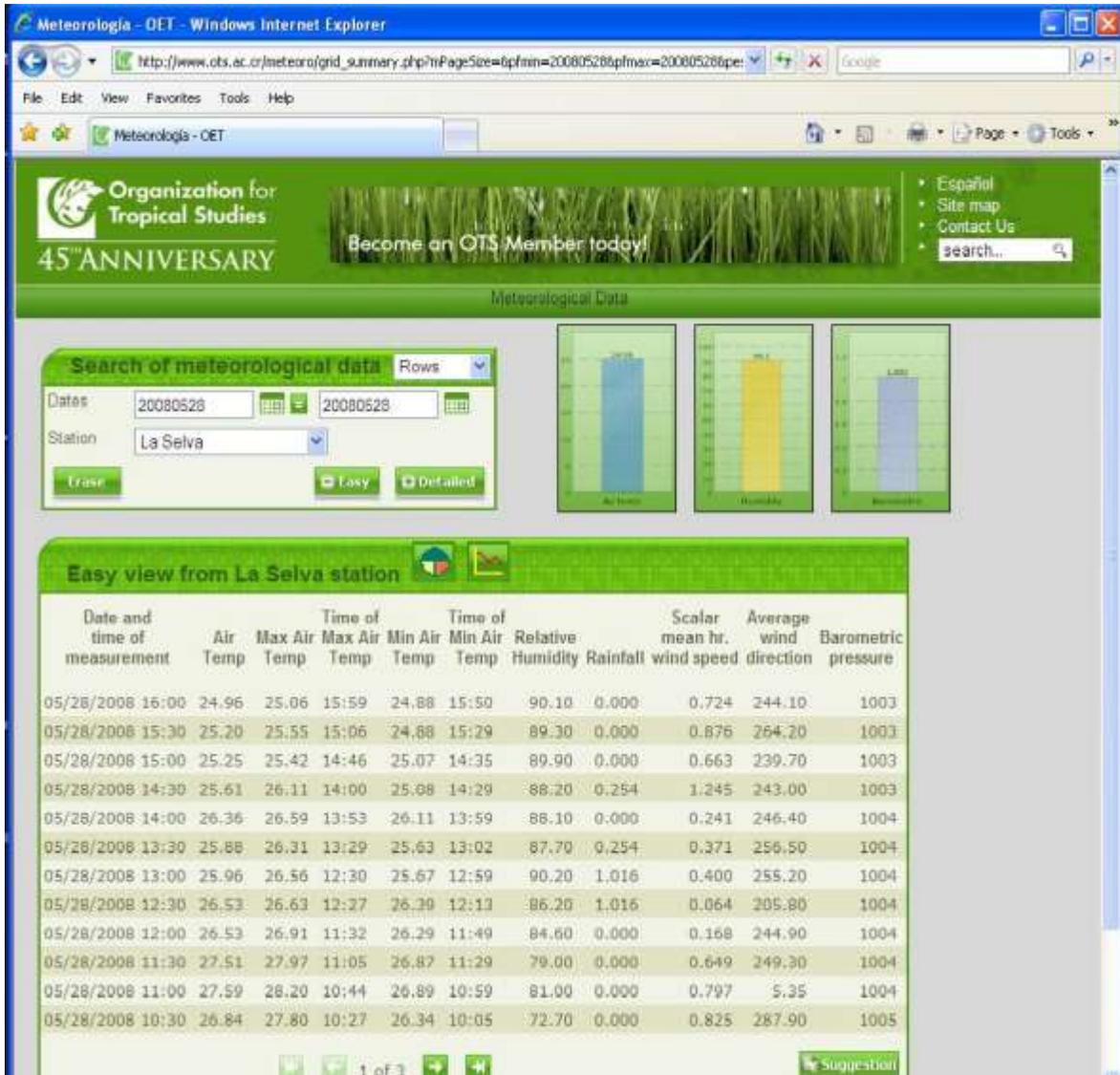
Además a este traslado diario de datos el encargado de cada estación debe realizar un respaldo mensual el primer día de cada mes copiando los datos desde la computadora de la estación meteorológica hasta el servidor de datos de cada estación en la partición [\\sss\data\metdata](#) las “sss” se refieren al nombre de cada servidor. Esto es solamente un copiar y pegar utilizando el “explorador” del Windows. Igualmente podría suceder problemas de conexión entre la sede central y las estaciones, con esto se interrumpiría el proceso automático de traslado y respaldo de datos, en este caso el encargado de la estación debe realizar en el servidor de datos de la estación un respaldo diario de los archivos mientras se mantenga el problema.

#### **4.2.4 Despliegue de los datos**

Luego del viaje desde cada datalogger hasta la base de datos en el servidor de las oficinas centrales los datos son mostrados al público en general en el sitio de Internet de OET.

El lenguaje PHP es un lenguaje de programación interpretado, diseñado para la creación de páginas Web dinámicas, es un software de licencia libre. Utilizando páginas con este tipo de código se accede a la base de datos para responder a las consultas realizadas por los usuarios.

Cualquier consulta sobre este proceso favor consultar con el encargado de bases de datos en las oficinas centrales, la dirección para acceder este servicio es:



Fuente: Página de Internet de OET, Mayo 2008.

## **CAPITULO V METADATOS**

## **5.1 Generalidades**

### **5.1.1 Justificación**

Cuando nosotros medimos la cantidad lluvia en un sitio y queremos que nuestros datos sean útiles para los usuarios futuros, también necesitamos documentar donde y cómo fueron hechas las mediciones. Esta es la información sobre los datos o sea metadatos. La palabra metadatos se forma por la suma del griego “meta” (más allá de) y el latín “dato” (un hecho dado). Para este caso en particular los metadatos deben reflejar cómo, dónde, cuando y por quien la información se ha recolectado. Idealmente, un documento de metadatos completo debe registrar todos los cambios que una estación ha sufrido durante toda su vida, componiendo así lo que se llama la historia de la estación.

La información suplementaria sobre las observaciones, como el tipo de instrumento o exposición, puede proporcionar las visiones adicionales para interpretar las cantidades observadas. A veces cuando se cambian los instrumentos, las observaciones muestran un aumento o disminución artificial. Cada usuario y proveedor de datos del clima tiene que tener a su alcance los metadatos.

Un buen manejo de metadatos asegura que los usuarios que no tengan ninguna duda sobre las condiciones en que se han recolectado, registrado y transmitido los datos. Así estos pueden extraer conclusiones más certeras en sus análisis. El conocimiento de la fecha exacta y hora cuando un termómetro fue reemplazado y las características técnicas del nuevo instrumento en contraste con el viejo, ayudará a compensar la huella no-climática de este cambio en los registro de temperatura.

Para evaluar problemas relacionados con el clima se necesitan juegos de datos de largo plazo, de alta calidad y homogéneos; los metadatos tienen un papel importante en el proceso de crear tales juegos de datos, así como el conocimiento de la historia de la estación ya que proporciona mayor confianza y las únicas variaciones que permanecen en una serie de datos de clima son debidas a la variabilidad real del clima.

En los párrafos siguientes se identificará la información mínima que debe conocerse para todos los tipos de estaciones, por ejemplo, localización y unidades de la medida. La información adicional será de gran ventaja por los usuarios de los datos, así como para los proveedores. Para proporcionar juegos de datos de alta calidad, es crucial mantener la documentación de la estación al día. Estableciendo los procedimientos necesarios para asegurar que todas las necesidades de los metadatos son tomadas en cuenta tanto por los encargados de la estación y como por los gerentes de la red.

## **5.2 Elementos de los Metadatos Meteorológicos**

### **5.2.1 Identificadores y datos geográficos**

La primer cosa que el usuario saber es donde se registran los datos. La estación tiene que estar identificada por los nombres y códigos y estar localizada en la red geográfica. También es importante identificar claramente cuando los datos se empezaron a coleccionar y por quien.

#### **a. Identificadores de la estación**

- Nombre: normalmente los nombres de las estaciones se refieren a la ciudad o pueblo dónde los datos son colectados. No deben utilizarse nombre que

cambien como por ejemplo alguna referencia comercial o nombres referentes a puntos cardinales, el nombre debe de ser el más claro posible.

- Alias: a veces las estaciones pueden conocerse por más de un nombre. Por ejemplo, esto puede pasar cuando la ciudad dónde la estación se localiza renombró después de un cambio político y el nombre anterior se debe de registrar.
- Código OMM o número de la estación: La OMM identifica las estaciones meteorológicas que intercambian datos internacionalmente por un código de 5 dígitos. El código de OMM es un registro universal. Sus dos primeros dígitos dan información sobre la región del mundo y el país dónde se localiza la estación.
- Número de estación o codificación en otras redes: por diferentes razones, no todas las estaciones meteorológicas en el mundo tienen un código de la OMM asignado, muchas otras estaciones tienen un código nacional o local que no tiene nada que ver con la red internacional, pero que identifica la estación nacionalmente, regionalmente o en las redes del propósito específicas.
- Fechas de Inicio y Cierre: identifica cuando la estación inició su periodo operacional y cuando lo terminó (si aplica).
- Tipo de estación: si es sinóptica, aeronáutica, agro-meteorológica, etc.
- Información de contacto de la estación: los metadatos deben proporcionar los detalles sobre dónde obtener más información sobre la estación (nombre, dirección, teléfono, fax y correo electrónico), la institución y persona responsable de la misma.

Cualquier modificación en los nombres y códigos, tipo de estación, etc. también tiene que ser muy cuidadosamente documentada.

#### b. Datos geográficos

Los datos del clima están asociados con las localidades geográficas y por ende se necesita conocer:

- Latitud y Longitud: preferentemente con una exactitud suficiente que ubique a la estación en unos cientos metros.
- Elevación sobre el nivel del mar: debe ser lo bastante precisa con un error máximo de varios metros. Esto afecta si se hacen cálculos con la presión atmosférica.
- Reubicación: cuando alguno de los parámetros cambian, incluyendo la estación completa o alguno de los instrumentos incluso en una distancia corta, o porque se cuenta con medidas más exactas; es muy importante informar de esto en los metadatos, incluyendo el tiempo exacto del cambio.

### **5.2.2 Medio Ambiente**

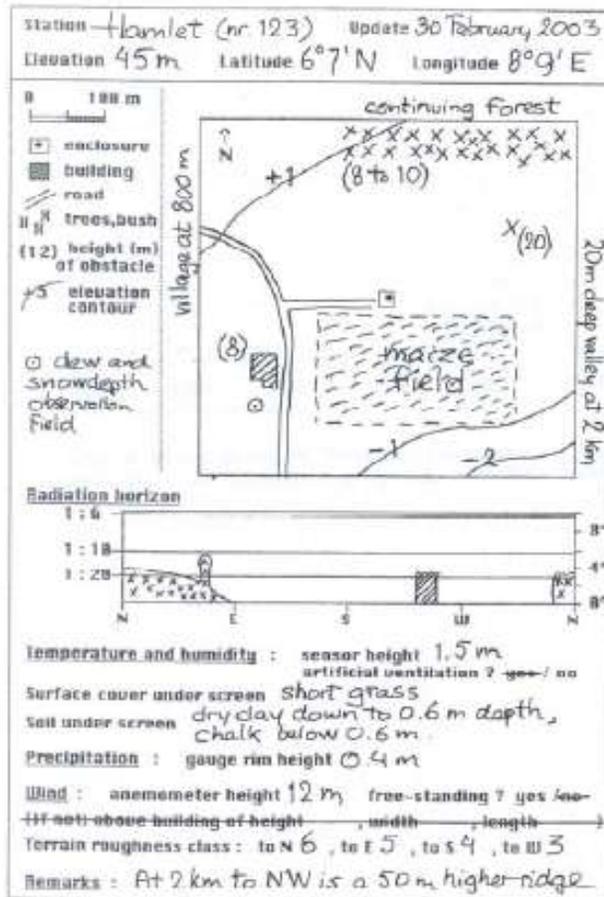
Las coordenadas y elevación no son información suficiente para documentar una estación meteorológica. Los datos son influenciados por factores que actúan a varias escalas. En una meso escala (1 Km. a 30 Km.) el clima se ve afectado por la proximidad y tamaño de grandes superficies de agua, áreas urbanizadas y cordilleras; a una escala local ( de 300m. a 2 Km.) las observaciones son influenciadas por el relieve del terreno, plantaciones, bosques y por los obstáculos cercanos como árboles o casas; y por último micro escala (menos de 300 m) son

muchos los factores que actúan por ejemplo: el intercambio de energía en la superficie, la conductibilidad termal de la tierra, los obstáculos en el horizonte, etc.

a. Uso local o cobertura del suelo

A diferentes escalas, se recomienda registrar diferentes atributos, los requisitos básicos para la documentación del medio ambiente de una estación son:

- Un mapa actualizado de la región a meso escala (~ 1: 100 000).
- Un mapa de escala local (~ 1: 5000), actualizado cada año, como lo especifica la Comisión Técnica para el Instrumentos y Métodos de Observación de la OMM. Incluye el mapa de radiación (ver Figura 1)
- Fotografías tomadas de todos los puntos cardinales y con suficiente distancia, puede ser a unos 10 o 20 m., para incluir todas las posiciones de los instrumentos incluyendo los que estén fuera del cercado, actualizándolas cuando haya cambios significativos y anotando la fecha de las imágenes para llevar el registro cronológico.
- Un mapa o fotografía a micro escala de la garita de los instrumentos, actualizado cuando se realicen cambios.



b. Exposición de los instrumentos

Cuando se habla de exposición de los instrumentos es muy importante registrar los factores que los afectan, para los metadatos es importante documentar:

Obstáculos: usualmente los instrumentos se ubican en un encierro de unos 100 m. cuadrados, el cual no puede localizarse cerca de una pared, árboles muy altos y otros edificios cercanos, para la corrección de esos factores se requiere registrar en los metadatos el dato derivado de la escala de clasificación de aspereza del terreno de Davenport.

No.	Class	Roughness length (m)	Landscape description
1	Sea	0.0002	Open water, featureless flat plain, fetch > 3 km
2	Smooth	0.005	Obstacle-free land with negligible vegetation, marsh, ridge-free ice
3	Open	0.03	Flat open grass, tundra, airport runway, isolated obstacles separated by >50 obstacle heights H;
4	Roughly Open	0.10	Low crops or plant cover, occasional obstacles separated by $\geq 20 H$
5	Rough	0.25	Crops of varying height, scattered obstacles with separation $x \approx 12-15 H$ if porous (shelterbelts) and $x \approx 8-12 H$ if solid (buildings)
6	Very Rough	0.5	Intensively cultivated landscape with large farms, orchards, bush land, $x \approx 8 H$ ; low well-spaced buildings and no high trees ( $x \approx 3-7 H$ )
7	Skimming	1.0	Full similar-height obstacle cover with interspaces $\approx H$ , e.g. mature forests, densely-built town area
8	Chaotic	$\geq 2$	Irregular distribution of very large elements: high-rise city centre, big irregular forest with large clearings

Cobertura del suelo cercano: lo que este cubriendo la tierra en las áreas cercanas a los instrumentos también afecta los datos debido a diferentes razones como capacidad térmica o de refracción, etc.; por esto se debe de registrar la composición del suelo.

### 5.2.3 Instrumentación

#### a. Tipo de instrumentos

Es de vital importancia documentar que clase de instrumentos se utilizan en la estación. Los buenos metadatos deben registrar para cada instrumento:

- Casa de manufactura
- Modelo, incluyendo la identificación
- Tipo de salida y sensibilidad
- Tipo de transductor (si aplica)
- Tiempo de respuesta (si aplica)

También dependiendo del elemento climático algunos otros datos son necesarios:

- Temperatura y humedad: tipo de pantalla de protección y la ventilación si aplica.
- Dirección del viento: tiempo y método del alineamiento del azimut.
- Velocidad del viento: tiempo de respuesta del anemómetro.
- Precipitación: ancho de la boca del pluviómetro y la altura del mismo. También si existe alguna protección o calentamiento para manejar la precipitación sólida.
- Radiación global: rango del ancho de onda transmitido por el domo.
- Brillo solar: umbral para equipos automáticos.
- Evaporación: cobertura de la pila de evaporación.

#### b. Montaje de los instrumentos

Algunos de los aspectos relevantes en el montaje y protección de los instrumentos deben ser descritos en los metadatos, estos incluyen:

- Altura sobre la superficie
- Descripción de la garita o caja de instrumentos
- Grado de interferencia de otros instrumentos y objetos tales como calentadores o un abanico.
- Descripción del montaje del instrumento dada por el observador o encargado de la estación. Como ejemplo debe de incluir detalles como: la distancia del termómetro a fuentes de calor, la altura del anemómetro, etc.

#### c. Transmisión de los datos

Es necesario identificar todos los procedimientos de transmisión de los datos para identificar restricciones y posibles problemas. Los metadatos deben incluir:

- tipo de transmisión: como se transmiten los datos incluyendo donde se origina la señal hacia donde se dirige, la longitud y tipo de los cables si aplica.

#### **5.2.4 Prácticas de observación**

Cada estación meteorológica debe almacenar la información sobre los observadores, los elementos observados, los tiempos de observación, las rutinas de mantenimiento de los instrumentos y las correcciones aplicadas a las mediciones. A veces se olvida describir cuestiones de rutina porque "todo el mundo sabe que se hace de esa manera"; pero en diez años, el procedimiento puede haber cambiado y nadie recordará como era el primer procedimiento establecido. Es por eso que todos los procedimientos de rutina (y cualquier cambio en ellos) debe ser documentado.

##### **a. Observador**

Para la organización y las personas que usan los datos de una estación, es importante saber si el observador es siempre la misma persona, o si se trata de gente distinta. En este último caso la fiabilidad es normalmente también variable, se debe registrar tanto la o las personas que toman los datos y dan mantenimiento a los equipos como la o las personas que establecen y actualizan los metadatos.

##### **b. Elementos observados**

Las estaciones meteorológicas deberían mantener una lista actualizada con los elementos meteorológicos observados o medidos y los calculados directamente o indirectamente de las observaciones en la estación.

c. Tiempos en los que se realizó la observación

La hora y el número de observaciones podría variar entre las estaciones y con los años en una estación en particular; estos cambios pueden ser la causa de una ruptura en la homogeneidad de una serie de datos; por lo tanto, es fundamental identificar con claridad el momento de observaciones diarias registrados y también si se omiten las observaciones sobre las vacaciones o los fines de semana. Además, se debe tener especial cuidado cuando el sistema de hora de verano se utiliza en un país determinado.

d. Mantenimiento de rutina

Aspectos como el control de la exactitud de los instrumentos, la sustitución de los artículos desechables, la limpieza y mantenimiento de los equipos incluyendo operaciones como el corte de césped y limpieza de las superficies expuestas instrumento, al igual que las cúpulas de los radiómetros; todas estas deben ser documentadas incluyendo la fecha y la hora de cuando estas obras fueron realizadas.

e. Correcciones hechas por el observador

Varios elementos podrían ser corregidas in situ por los observadores o calculada a partir de las observaciones. Las correcciones de las lecturas originales realizadas por el observador deben ser registradas.

### **5.2.5 Procesamiento de datos**

Es muy importante tener información sobre la forma en que los datos han sido procesados, validados y transmitidos a la oficina central o regional desde cada estación. El conocimiento del procesamiento de los datos y las pruebas de control

de calidad y la homogeneidad aplicadas son de vital importancia tanto para garantizar la exactitud de las observaciones realizadas como la validez de la serie temporal resultante. Un completo y preciso registro de metadatos debe conservar, como mínimo, la información sobre las unidades utilizadas, los códigos especiales empleados, las correcciones a los datos, los procedimientos de control de calidad aplicados, los ajustes realizados para garantizar su homogeneidad.

#### a. Unidades

Se debe registrar las unidades empleadas para cada elemento puede haber variado entre el pasado y las que se utilizan hoy, podrían también diferir de país por país (por ejemplo, la temperatura del aire se puede expresar en grados Celsius, Kelvin, Fahrenheit, de acuerdo con el país o el período histórico). Confusiones con las unidades de datos puede provocar interpretaciones erróneas.

#### b. Códigos especiales

Comúnmente en las estaciones meteorológicas se utilizan códigos especiales por ejemplo en la ausencia de datos se registra un nulo o se utiliza un número negativo como -9999. Algunos cálculos pueden verse afectados por este tipo de códigos por lo cual es necesario documentar en los metadatos el uso de los mismos.

#### c. Control de calidad

En este tema el requerimiento mínimo sería responder si se aplican o no procedimientos de control de calidad. Si la respuesta es positiva una buena práctica sería documentar el grado de control de calidad aplicado y proveer los detalles de las técnicas empleadas en su aplicación.

#### d. Homogeneidad

Pruebas de homogeneidad se realizan para garantizar que las fluctuaciones en el tiempo los datos se deben únicamente a los caprichos del tiempo y el clima. Al igual que el control de calidad lo mínimo es decir si se aplica alguna técnica o no, en caso de aplicarse describir detalladamente el procedimiento.

#### e. Recuperación de los datos

A veces por diferentes circunstancias la continuidad de la serie de datos se ve truncada o se realizan tareas de control de calidad y homogenización que detectan datos con errores, que como mínimo deben de ser corregidos. Se debería de documentar si aplica:

- Porcentaje de datos calculados de una serie temporal
- Porción mínima de datos faltantes para permitir el cálculo de los promedios mensuales de valores diarios elemento
- Los algoritmos utilizados para el cálculo de las interpolaciones en tiempo.
- Algoritmos empleados y estaciones cercanas utilizadas (número de estaciones, los nombres y los detalles de la ubicación) para los cálculos de de interpolaciones espaciales.
- Periodo de datos para que el sistema de interpolación se ha realizado.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Campbell Scientific Inc., Sitio de Internet, <http://www.campbellsci.com>, 2008
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Handbook for the Meteorological Observation, Setiembre 2000
- Organización Mundial de Meteorología, Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológica. 6ta edición, 1996
- Organización Mundial de Meteorología, Guide to Climatological Practices, 2da edición, 1983
- Organización Mundial de Meteorología, Guidelines on climate metadata and homogenization, 2003
- Organización Mundial de Meteorología, Guidelines on Climate Observation Networks and Systems, 2003
- N. Plummer et al., Guidelines on Climate Data Management Version 5.0, October 2005

## ANEXOS

### Anexo 1: Programa ejemplo en Crbasic

El siguiente programa escrito en Crbasic para el datalogger de Campbell modelo CR3000 que se encuentra en funcionamiento en Mayo del 2008 en la estación biológica La Selva.

```
'CR3000
'Created by Short Cut (2.5)
' 4 mar 08: Add Const station, del 5 min table, del radlico2, add last
val tbl, ecastro
' 6 mar 08: Add More reg # last val tbl, ecastro
' 14 may 08: Add calc RTMC, ecastro
' 15 may 08: Matching PV program, ecastro & wlopez
' 16 may 08: Fix Min Temp Initalization

'Declare Variables and Units

Const Station=2
Public Station_ID
Public AirTemp_C
Public AirTemp_max 'RTMC Only
Public AirTemp_min 'RTMC Only
Public AirT_max_Hr 'RTMC Only
Public AirT_max_Min 'RTMC Only
Public AirT_min_Hr 'RTMC Only
Public AirT_min_Min 'RTMC Only
Public RH_percent
Public Rain_mm
Public Rain_accum_today 'RTMC Only
Public Rain_accum_lastday 'RTMC Only
Public WindSp_ms
Public WindDir
Public Wind_max_today 'RTMC Only
```

```
Public Wind_max_Hr 'RTMC Only
Public Wind_max_Min 'RTMC Only
Public BP_mbar
Public Slr_W 'Pyr (Radiation Average Flux)
Public Slr_MJ 'Pyr (Daily Total Flux)
Public PAR_Den ' Photosynthetically-active radiation
Public PAR_Tot
Public Slr_Tot 'Solar Radiation Total BF3 Sensor
Public Slr_Dif 'Solar Radiation Diffuse BF3 Sensor
Public SoilTemp_C
Public SoilWVC ' Soil Water Volumetric Content
Public PA_uS ' Period variable to calculate WVC
```

```
Public Encl_RH
Public PanelTemp_C
Public Batt_Volt
Public PrgSize
Public Hour(9)
Public Minutes
```

```
Units AirTemp_C= deg C
Units RH_percent= %
Units Rain_mm = mm
Units WindSp_ms= m/s
Units WindDir = degrees
Units BP_mbar = mbar
Units Slr_W = W/m2
Units Slr_MJ = MJ/m2
Units PAR_Den = μmol/s/m2
Units PAR_Tot = mmol/m2
'Units Slr_Tot
'Units Slr_Dif
Units SoilTemp_C = deg C
Units SoilWVC = %, Dec 0.00
Units Encl_RH = %
Units PanelTemp_C = deg C
Units Batt_Volt = Volts
Units PrgSize = bytes
```

'Define Data Tables

```
DataTable(LS_30min,True,-1) '30 minutes ouput
  DataInterval(0,30,Min,10)
  Sample (1,Station_ID,UINT2)
  Average(1,AirTemp_C,FP2,False)
  Maximum(1,AirTemp_C,FP2,False,True)
  Minimum(1,AirTemp_C,FP2,False,True)
  Sample (1,RH_percent,FP2)
  Totalize(1,Rain_mm,FP2,False)
  WindVector (1,WindSp_ms,WindDir,FP2,False,90,0,2)
  FieldNames("WindSp_ms_S,WindSp_ms_U,WindDir_DU,WindDir_SDU")
  Sample(1,BP_mbar,FP2)
  Average(1,Slr_W,FP2,False)
  Maximum(1,Slr_W,FP2,False,False)
  Minimum(1,Slr_W,FP2,False,False)
  StdDev(1,Slr_W,FP2,False)
  Average(1,PAR_Den,FP2,False)
  Maximum(1,PAR_Den,FP2,False,False)
  Minimum(1,PAR_Den,FP2,False,False)
  StdDev(1,PAR_Den,FP2,False)
  Average(1,Slr_Tot,FP2,False)
  Average(1,Slr_Dif,FP2,False)
  Average(1,SoilTemp_C,FP2,False)
  Average(1,SoilWVC,FP2,False)
  Maximum(1,Encl_RH,FP2,False,False)
  Maximum(1,PanelTemp_C,FP2,False,False)
  Minimum (1,Batt_Volt,FP2,False,False)
  Sample (1,PrgSize,FP2)
EndTable

DataTable(LS_30min_Last96,True,96) '30 minutes output, last 96 records
  DataInterval(0,30,Min,10)
  Sample (1,Station_ID,UINT2)
  Average(1,AirTemp_C,FP2,False)
  Maximum(1,AirTemp_C,FP2,False,True)
  Minimum(1,AirTemp_C,FP2,False,True)
  Sample (1,RH_percent,FP2)
```

```

Totalize(1,Rain_mm,FP2,False)
WindVector (1,WindSp_ms,WindDir,FP2,False,90,0,2)
FieldNames("WindSp_ms_S,WindSp_ms_U,WindDir_DU,WindDir_SDU")
Sample(1,BP_mbar,FP2)
Average(1,Slr_W,FP2,False)
Maximum(1,Slr_W,FP2,False,False)
Minimum(1,Slr_W,FP2,False,False)
StdDev(1,Slr_W,FP2,False)
Average(1,PAR_Den,FP2,False)
Maximum(1,PAR_Den,FP2,False,False)
Minimum(1,PAR_Den,FP2,False,False)
StdDev(1,PAR_Den,FP2,False)
Average(1,Slr_Tot,FP2,False)
Average(1,Slr_Dif,FP2,False)
Average(1,SoilTemp_C,FP2,False)
Average(1,SoilWVC,FP2,False)
Maximum(1,Encl_RH,FP2,False,False)
Maximum(1,PanelTemp_C,FP2,False,False)
Minimum (1,Batt_Volt,FP2,False,False)
Sample (1,PrgSize,FP2)
EndTable

DataTable(LS_Daily_7am,True,-1) 'Daily Output, 7am, without light values
DataInterval(420,1440,Min,10)
Sample (1,Station_ID,UINT2)
Average(1,AirTemp_C,FP2,False)
Maximum(1,AirTemp_C,FP2,False,True)
Minimum(1,AirTemp_C,FP2,False,True)
Average(1,RH_percent,FP2,False)
Totalize(1,Rain_mm,FP2,False)
Average(1,WindSp_ms,FP2,False)
Maximum(1,WindSp_ms,FP2,False,True)
Average(1,BP_mbar,FP2,False)
Average(1,SoilTemp_C,FP2,False)
Average(1,SoilWVC,FP2,False)
EndTable

DataTable(LS_Daily_7am_last7,True,7) 'Daily Output, 7am, without light
values

```

```

DataInterval(420,1440,Min,10) 'last week
Sample (1,Station_ID,UINT2)
Average(1,AirTemp_C,FP2,False)
Maximum(1,AirTemp_C,FP2,False,True)
Minimum(1,AirTemp_C,FP2,False,True)
Average(1,RH_percent,FP2,False)
Totalize(1,Rain_mm,FP2,False)
Average(1,WindSp_ms,FP2,False)
Maximum(1,WindSp_ms,FP2,False,True)
Average(1,BP_mbar,FP2,False)
Average(1,SoilTemp_C,FP2,False)
Average(1,SoilWVC,FP2,False)
EndTable

DataTable(LS_Daily_630pm,True,-1) 'Daily Output, 6:30pm, light values
only
DataInterval(1110,1440,Min,10)
Sample (1,Station_ID,UINT2)
Average(1,Slr_W,FP2,False)
Totalize(1,Slr_MJ,IEEE4,False)
Average(1,PAR_Den,FP2,False)
Average(1,Slr_Tot,FP2,False)
Average(1,Slr_Dif,FP2,False)
EndTable

DataTable(LS_Daily_630pm_last7,True,7) 'Daily Output, 6:30pm, light
values only
DataInterval(1110,1440,Min,10) 'last week
Sample (1,Station_ID,UINT2)
Average(1,Slr_W,FP2,False)
Totalize(1,Slr_MJ,IEEE4,False)
Average(1,PAR_Den,FP2,False)
Average(1,Slr_Tot,FP2,False)
Average(1,Slr_Dif,FP2,False)
EndTable

'Main Program

```

```

BeginProg
  Scan(10,Sec,1,0)
    'Station Number assignment using a const
    Station_ID = Station
    'HMP45C (6-wire) Temperature & Relative Humidity Sensor
    VoltSe(AirTemp_C,1,mV1000,5,0,0,_60Hz,0.1,-40.0)
    VoltSe(RH_percent,1,mV1000,6,0,0,_60Hz,0.1,0)
    If RH_percent >100 AND RH_percent <108 Then RH_percent=100
    'TB4 Rain Gauge
    PulseCount(Rain_mm,1,1,2,0,0.254,0)
  '05103 Wind Speed & Direction Sensor
  PulseCount(WindSp_ms,1,2,1,1,0.0980,0)
  BrHalf(WindDir,1,mV5000,7,1,1,5000,True,0,_60Hz,355,0)
  If WindDir>=360 Then WindDir=0
  'CS100 Barometric Pressure Sensor each 30 minutes
  If IfTime(59,60,Min) Then PortSet(3,1)
  If IfTime(0,60,Min) Then
    VoltSe(BP_mbar,1,mV5000,8,1,0,_60Hz,0.2,600.0)
    PortSet(3,0)
  EndIf
  If IfTime(29,60,Min) Then PortSet(3,1)
  If IfTime(30,60,Min) Then
    VoltSe(BP_mbar,1,mV5000,8,1,0,_60Hz,0.2,600.0)
    PortSet(3,0)
  EndIf
  'LI200X Pyranometer Sensor
  VoltDiff(Slr_W,1,mV20,1,True,0,_60Hz,1,0)
  If Slr_W<0 Then Slr_W=0
  RealTime (Hour())
  Minutes=(Hour(4)*60+Hour(5))
  If (Minutes <= 270) Then
    Slr_W=0
  EndIf
  If (Minutes >= 1110) Then
    Slr_W=0
  EndIf
  'Convert mV to MJ/m2 for 10 sec execution interval
  Slr_MJ = Slr_W * 0.002
  'Convert mV to W/m2

```

```

    Slr_W = Slr_W * 200.0
    'Generic Differential Voltage, Kipp & Zonen PAR
    VoltDiff(PAR_Den,1,mV20,5,True,0,_60Hz,1.0,0.0)
    If PAR_Den<0 Then PAR_Den=0
    RealTime (Hour())
    Minutes=(Hour(4)*60+Hour(5))
    If (Minutes <= 270) Then
    PAR_Den=0
EndIf
    If (Minutes >= 1110) Then
    PAR_Den=0
EndIf
    'Generic Differential Voltage measurements RaDirDifu:
    VoltDiff(Slr_Tot,1,mV5000,9,True,0,_60Hz,1.0,0.0)
    VoltDiff(Slr_Dif,1,mV5000,10,True,0,_60Hz,1.0,0.0)
    If Slr_Tot<0 Then Slr_Tot=0
    RealTime (Hour())
    Minutes=(Hour(4)*60+Hour(5))
    If (Minutes <= 270) Then
    Slr_Tot=0
EndIf
    If (Minutes >= 1110) Then
    Slr_Tot=0
EndIf
    If Slr_Dif<0 Then Slr_Dif=0
    RealTime (Hour())
    Minutes=(Hour(4)*60+Hour(5))
    If (Minutes <= 270) Then
    Slr_Dif=0
EndIf
    If (Minutes >= 1110) Then
    Slr_Dif=0
EndIf
    'CS616 Water Content Reflectometer
    If IfTime(0,30,Min) Then
        CS616(PA_uS,1,3,1,1,1,0)
        SoilWVC =-0.0663+(-0.0063*PA_uS)+(0.0007*PA_uS^2)
    EndIf
    '107 Soil Temperature Probe

```

```

Therm107(SoilTemp_C,1,4,Vx1,0,_60Hz,1.0,0.0)

'Control Sensors
'CS210 measurement Enclosure Relative Humity / %
VoltSe(Encl_RH,1,mV1000,11,1,0,_60Hz,0.1,0)
'Wiring Panel Temperature measurement
PanelTemp(PanelTemp_C,_60Hz)
'Datalogger Battery Voltage measurement
Battery(Batt_Volt)
'Signature, Datalogger program size
PrgSize=Status.ProgSignature(1,1)

'*** RTMC CALCULATIONS *****
'*** Midnight Variable Initialization *****
If TimeIntoInterval(0,1440,Min) Then
    AirTemp_max = AirTemp_C
    AirTemp_min = AirTemp_C
    Rain_accum_lastday = Rain_accum_today
    Rain_accum_today = 0
    Wind_max_today = WindSp_ms
EndIf
'////////Calculos de maximas, minimas, lluvia desde 12am////////
If (AirTemp_C >= AirTemp_max) Then
    AirTemp_max = AirTemp_C
    RealTime(Hour())
    AirT_max_Hr = Hour(4)
    AirT_max_Min = Hour(5)
EndIf
If (AirTemp_min >= AirTemp_C) Then
    AirTemp_min = AirTemp_C
    RealTime(Hour())
    AirT_min_Hr = Hour(4)
    AirT_min_Min = Hour(5)
EndIf
Rain_accum_today = Rain_accum_today + Rain_mm
If ( Windsp_ms >= Wind_max_today) Then
    Wind_max_today = WindSp_ms
    RealTime(Hour())
    Wind_max_Hr= Hour(4)

```

```
    Wind_max_Min = Hour(5)
  EndIf
'////////////////////////////////////
'Call Data Tables and Store Data
    CallTable(LS_30min)
    CallTable(LS_30min_Last96)
    CallTable(LS_Daily_7am)
    CallTable(LS_Daily_7am_last7)
    CallTable(LS_Daily_630pm)
    CallTable(LS_Daily_630pm_last7)
  NextScan
EndProg
```

## Anexo 2: Ejemplos de los archivos de datos

- Tabla de datos diarios en La Selva (Algunas columnas)

Station02 RECORD RN	CR3000 Station_ID Smp	2214 AirTemp_C_Avg deg C Avg	CR3000.Std.07 AirTemp_C_Max deg C Max	CPU:Sta02_OETLS_16- may-08.CR3 RH_percent_Avg %	56325 Rain_mm_Tot mm Tot	LS_Daily_7am WindSp_ms_Avg m/s Avg	BP_mbar_Avg mbar Avg	
	0	2	26.62	32.74	80.4	0	0.715	1006
	1	2	26.79	32.98	78.14	1.27	1.149	1008
	2	2	26.27	33.45	82.2	4.826	0.643	1008
	3	2	25.26	32.41	86.6	4.318	0.671	1008
	4	2	25.1	32.12	85.9	21.59	0.696	1007
	5	2	24.8	32.9	85.4	130.6	0.651	1006
	6	2	25.16	32.85	86	20.07	0.632	1007
	7	2	25.29	33.85	82.5	15.49	0.825	1007
	8	2	26.19	34.64	80.9	15.24	0.762	1006
	9	2	24.58	31.59	87.8	17.78	0.645	1006
	10	2	24.9	31.7	85	6.604	0.772	1005
	11	2	24.82	29.88	87.4	60.2	0.618	1004