

TRABAJO DE GRADO

***DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ACCESO TELEMÉTRICO PARA LA ESTACION
METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE LA CIUDAD
UNIVERSITARIA***

Iñaki Avilio Iza Benavides

*Trabajo de grado presentado ante
la ilustre Universidad Central de
Venezuela para optar al título de
Ingeniero Electricista*

Caracas, Octubre del año 2000

INDICE

Resumen	ii
Lista de abreviaturas y acrónimos	iii
Índice	xi
Índice de figuras	xii
Índice de tablas	xiii
Introducción	1-1
1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	1-3
1.2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS EN UNA ESTACIÓN CONVENCIONAL	1-4
1.3. MOTIVACIONES DE LA ESTACIÓN CONVENCIONAL.....	1-4
2. ESTACION METEOROLOGICA AUTOMATICA.....	2-7
2.1. ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE LA U.C.V.	2-10
2.2. CONFIGURACIÓN DE LA EMA DE LA U.C.V.....	2-10
2.3. SENSORES DE LA EMA DE LA U.C.V.....	2-11
2.3.1. <i>Sensor de Humedad Relativa y Temperatura Ambiente</i>	2-11
2.3.2. <i>Precipitaciones</i>	2-13
2.3.3. <i>Sensor de Radiación Solar</i>	2-14
2.3.4. <i>Nivel de tina evaporimétrica</i>	2-15
2.3.5. <i>Velocidad del Viento</i>	2-17
2.3.6. <i>Dirección del Viento</i>	2-18
2.3.7. <i>Puesta a punto de la los sensores de la EMA</i>	2-18
2.4. EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS (EAD)	2-20
2.4.1. <i>Módulo de procesamiento</i>	2-20
2.4.2. <i>Sensibilidad</i>	2-23
2.5. <i>Módulo de alimentación</i>	2-23
2.6. <i>Módulo de memoria</i>	2-24
2.7. <i>Módulo de comunicaciones</i>	2-24
2.8. <i>Acondicionamiento de las entradas</i>	2-25
3. ACCESO REMOTO A UNA EMA:.....	3-25
3.1. ENLACE TERRESTRE	3-26
3.1.1. <i>Criterios para el estudio de las opciones por cable</i>	3-26
3.1.2. <i>Selección del Standard RS-422</i>	3-27
3.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA COMUNICACIÓN POR CABLE	3-27
3.2.1. <i>Canalización</i>	3-27
3.2.2. <i>Conexión</i>	3-28
3.3. ACCESO REMOTO NO GUIADO	3-28
3.3.1. <i>Criterios de estudio de las opciones inalámbricas (premisas)</i>	3-28
3.3.2. <i>Características de la EMA</i>	3-29
3.3.2.1. <i>Velocidad de transmisión</i>	3-29
3.3.2.2. <i>Consumo eléctrico</i>	3-29
3.3.2.3. <i>Ubicación</i>	3-30
3.3.2.4. <i>Autonomía</i>	3-30
3.4. SISTEMAS INALÁMBRICOS	3-30
3.4.1. <i>Radio VHF - UHF</i>	3-30
3.4.2. <i>ARDIS (Advanced Radio Data Information Service)</i>	3-31
3.4.2.1. <i>Descripción del sistema</i>	3-31
3.4.2.2. <i>Arquitectura del protocolo</i>	3-34
3.4.3. <i>SISTEMA GSM</i>	3-35

3.4.3.1.	Principio de funcionamiento.....	3-35
3.4.3.2.	Frecuencia:.....	3-35
3.4.3.3.	Cobertura:.....	3-36
3.4.3.4.	Transmisión de datos:.....	3-36
3.4.3.5.	Expansión.....	3-36
3.4.4.	GPRS	3-36
3.4.4.1.	Descripción del sistema.....	3-37
3.4.4.2.	Arquitectura del protocolo.....	3-38
3.4.4.3.	Acceso al canal.....	3-39
3.4.5.	Celular Digital Packet Data (CDPD)	3-40
3.4.5.1.	Descripción del sistema.....	3-41
3.4.5.2.	Arquitectura del protocolo.....	3-42
3.4.5.3.	La segmentación:.....	3-45
3.4.5.4.	Encriptamiento:.....	3-45
3.4.5.5.	Multiplexing:.....	3-45
3.4.5.6.	La compresión de la cabecera:.....	3-46
3.4.5.7.	La compresión de datos:.....	3-46
3.4.5.8.	La calidad de servicio:.....	3-46
3.4.5.9.	Salto de canal:.....	3-46
3.4.5.10.	El acceso del canal.....	3-47
3.4.5.11.	Sistema de Administración y Soporte de la Red (NASS).....	3-48
3.4.5.12.	Interconexión de Redes Internet e Intranet.....	3-48
3.4.5.13.	Contención del canal.....	3-49
3.4.5.14.	Redundancia.....	3-49
3.4.5.15.	Integridad de los Datos.....	3-49
3.4.6.	Implementación	3-50
3.4.7.	Equipo necesario	3-50
3.4.8.	Funcionamiento :.....	3-50
3.4.9.	Configuración del datalogger	3-51
3.5.	SISTEMA SATELITAL	3-52
3.5.1.	Satélites LEO	3-52
3.5.2.	Satélites geostacionarios	3-53
3.5.3.	GOES (GEOSTACIONARY OPERATIONAL ENVIRONMENTAL SATELLITE)	3-53
3.5.3.1.	<i>Principio de operación del satélite para la adquisición de los datos.</i>	3-54
3.5.3.2.	<i>Esquemas de comunicación. (Como se constituye la red)</i>	3-55
3.5.4.	Aplicabilidad del sistema GOES en Venezuela	3-56
	<i>Configuración básica</i>	3-56
3.5.5.	TRANSMISOR GOES	3-57
	<i>Auto Prueba del Transmisor GOES</i>	3-58
	<i>Antena GOES</i>	3-59
3.6.	ANALISIS DE LOS SISTEMAS	3-60
3.6.1.	<i>Restricciones de CDPD</i>	3-60
3.6.2.	<i>Restricciones del Datalogger</i>	3-60
3.6.3.	<i>Inconvenientes del GOES</i>	3-60
3.6.4.	<i>Limitaciones de GSM</i>	3-61
3.6.5.	<i>Limitaciones del Radio</i>	3-61
4.	PROGRAMA DE MANEJO DEL EQUIPO	4-63
4.1.	EL PROGRAMA MAESTRO PCL.EXE	4-63
4.1.1.	<i>Menú principal</i>	4-63
4.1.2.	<i>Requerimientos del Departamento de Hidrometeorología</i>	4-66
4.2.	Programa de Reportes Meteorológicos (PRM)	4-67
4.2.1.	<i>Ventana principal</i>	4-67
4.2.1.1.	<i>Opciones</i> :.....	4-67
4.2.2.	<i>2da Ventana</i>	4-67
4.2.2.1.	<i>Opciones</i> :.....	4-67
	CONCLUSIONES	4-70
	RECOMENDACIONES	4-71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Instrumentos de medición en una estación convencional tipo C1	4
Tabla 1.2 Comparación entre las variables y los instrumentos de observación electrónicos (sensores) como mecánicos (instrumentos).....	9
Tabla 2.1 Especificaciones del sensor de temperatura	12
Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del sensor de Humedad relativa.....	12
Tabla 2.2a Protector de radiación solar	13
Tabla 2.3 Especificaciones Pluviómetro.....	14
Tabla 2.4 Especificaciones actinómetro	15
Tabla 2.5 Especificaciones Sensor de Nivel	16
Tabla 2.6 Especificaciones Sensor de velocidad de viento.....	17
Tabla 2.7 Especificaciones Sensor de dirección de viento	18
Tabla 3.1 Distribución de canalización del cableado	28
Tabla 3.2 Secuencia de conexión del modem CDPD.....	51
Tabla 3.3 Indicadores del status del modem	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Instrumentos de medición en una estación convencional tipo C1	4
Tabla 1.2 Comparación entre las variables y los instrumentos de observación electrónicos (sensores) como mecánicos (instrumentos).....	9
Tabla 2.1 Especificaciones del sensor de temperatura	12
Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del sensor de Humedad relativa.....	12
Tabla 2.2a Protector de radiación solar	13
Tabla 2.3 Especificaciones Pluviómetro.....	14
Tabla 2.4 Especificaciones actinómetro	15
Tabla 2.5 Especificaciones Sensor de Nivel	16
Tabla 2.6 Especificaciones Sensor de velocidad de viento.....	17
Tabla 2.7 Especificaciones Sensor de dirección de viento	18
Tabla 3.1 Distribución de canalización del cableado	28
Tabla 3.2 Secuencia de conexión del modem CDPD.....	51
Tabla 3.3 Indicadores del status del modem	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Instrumentos de medición en una estación convencional tipo C1	4
Tabla 1.2 Comparación entre las variables y los instrumentos de observación electrónicos (sensores) como mecánicos (instrumentos).....	9
Tabla 2.1 Especificaciones del sensor de temperatura	12
Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del sensor de Humedad relativa	12
Tabla 2.2a Protector de radiación solar	13
Tabla 2.3 Especificaciones Pluviómetro.....	14
Tabla 2.4 Especificaciones actinómetro	15
Tabla 2.5 Especificaciones Sensor de Nivel	16
Tabla 2.6 Especificaciones Sensor de velocidad de viento.....	17
Tabla 2.7 Especificaciones Sensor de dirección de viento	18
Tabla 3.1 Distribución de canalización del cableado	28
Tabla 3.2 Secuencia de conexión del modem CDPD.....	51
Tabla 3.3 Indicadores del status del modem	51

ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

El interés por determinar el tipo de comportamiento de las variables atmosféricas en una forma científica ha llevado al hombre a implementar distintos métodos de medición, siendo uno de los más utilizados las estaciones climatológicas. Para una estación climatológica, primero se define el área de la cual se desea hacer el estudio, luego se escoge una extensión de terreno que sea lo más representativa posible de las variables atmosféricas del área definida y en esta se ubican una serie de instrumentos bajo especificaciones muy precisas, que están normalizadas por las recomendaciones de la Organización Mundial de Meteorología (OMM), dependiendo del tipo de registros que se desea recopilar y el objetivo del estudio. Existen diversos tipos de estaciones climatológicas que dependen de los períodos de medición, área de representatividad y aplicación, tales como sinópticas, microclimáticas y agrometeorológicas, por ejemplo.

1.1. Clasificación de las estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas se pueden clasificar de según sus características y complejidad en:

Principales (C1): Se instalan instrumentos para medir y registrar la dirección y velocidad del viento, la temperatura y la humedad del aire, la precipitación, evaporación, radiación e insolación. Deben realizarse las cuatro observaciones diarias (según OMM: 00:00, 06:00, 12:00 y 18:00 HMG) de nubosidad, tiempo presente, presión atmosférica y visibilidad. Las dimensiones mínimas de la estación deben ser de 15m×15 m.

Secundarias u Ordinarias (C2): Se miden, al menos, la precipitación, evaporación, temperaturas extremas e insolación. Como mínimo una observación diaria (12:00 HMG). Dimensiones mínimas de 9m×9 m.

Especiales (C3): Se instalan para observar uno o varios elementos determinados, como la precipitación, la evaporación o las temperaturas extremas. Dimensiones mínimas de 4m×4 m.

De precipitación (PR): Miden sólo la precipitación, utilizando uno o varios instrumentos. Dimensiones mínimas de 2m×2 m.

1.2. Instrumentos de medición utilizados en una estación convencional

Los tipos de parámetros a medir pueden ser diferentes entre estaciones y estarán en función del interés que se tenga sobre las variables atmosféricas de la región o de estudio. Por tal motivo una estación climatológica puede estar conformada por la presencia de diferentes instrumentos, pero debe incluir como mínimo los siguientes instrumentos:

Instrumento	Variable medida
Pluviómetro (*)	Lluvia
Pluviógrafo	Lluvia
Tina evaporimétrica (*)	Evaporación
Anemómetro	Recorrido del viento
Anemocinómetro	Velocidad del viento
Veleta	Dirección del viento
Termómetro de máxima (*)	Temperatura
Termómetro de mínima (*)	Temperatura
Termómetro(*)	Temperatura
Psicrómetro(*)	Humedad relativa del aire
Termógrafo	Temperatura
Higrógrafo	Humedad relativa del aire
Heliofanógrafo	Horas de sol
Actinógrafo	Radiación solar

Tabla 1.1 Instrumentos de medición en una estación convencional tipo C1

Los instrumentos que realizan los registros en forma gráfica¹ cuentan con una banda de papel sujeta a un tambor rotatorio con un mecanismo de relojería que permite grabar los cambios ocurridos en forma constante, informando la magnitud del evento y el momento de ocurrencia. Las bandas utilizadas para el registro pueden ser diarias o semanales, y son específicas para el tipo de instrumento diferenciándose por su tamaño, escala, duración y magnitud.

1.3. Motivaciones de la estación convencional

La función principal de una estación es ser representativa de las condiciones atmosféricas de su región y esto implica registros constantes y confiables, para los modelos de predicción meteorológica. Debido a que solo así se logra una evaluación de las condiciones

(*) Para las estaciones automáticas los valores arrojados por algunos de estos instrumentos son obtenidos en forma indirecta

atmosféricas y climatológicas y de igual manera se pueden implementar modelos de predicción de corto, mediano y largo plazo. Para garantizar esto es necesario disponer de series suficientemente largas.

La operatividad de una estación requiere de muchos factores, siendo los más resaltantes los siguientes:

Personal calificado: Para hacer el mantenimiento de las estaciones y las mediciones en forma confiable, incluyendo para ello no solo capacitación sino también disposición.

Apoyo logístico: Todo aquello que necesita el personal para realizar los operativos de medición, tales como; Transporte, viáticos, planillas de registro, entre otras variables.

Procesamiento y Preservación: Después de haber tomado los registros, es necesario procesarlos y almacenarlos en forma adecuada.

Accesibilidad: Se refiere a las condiciones ambientales extremas que se pueden presentar e impiden el traslado hasta las estaciones, generalmente ocurre en estaciones ubicadas en sitios lejanos y con mayor frecuencia durante el período de lluvias, que a su vez pueden ser los eventos de mayor interés.

En las estaciones convencionales esto implica elevados costos de operación y mantenimiento, además de no lograr obtener los registros en el tiempo deseado.

En nuestro país la red Hidrometeorológica está integrada por unos mil puntos de medición y es atendida por: Compañía de electrificación del Caroní (EDELCA), Ministerio del Ambiente y recursos Naturales (MARN), Universidades y otras pertenecientes a compañías privadas como Petróleos de Venezuela (PDVSA). Solo EDELCA ha mantenido un programa constante de automatización mientras que organismos como el MARN y el Fondo Nacional de la Industria Agropecuaria (FONAIAP) han visto desmanteladas sus estaciones debido a los altos costos de mantenimiento.

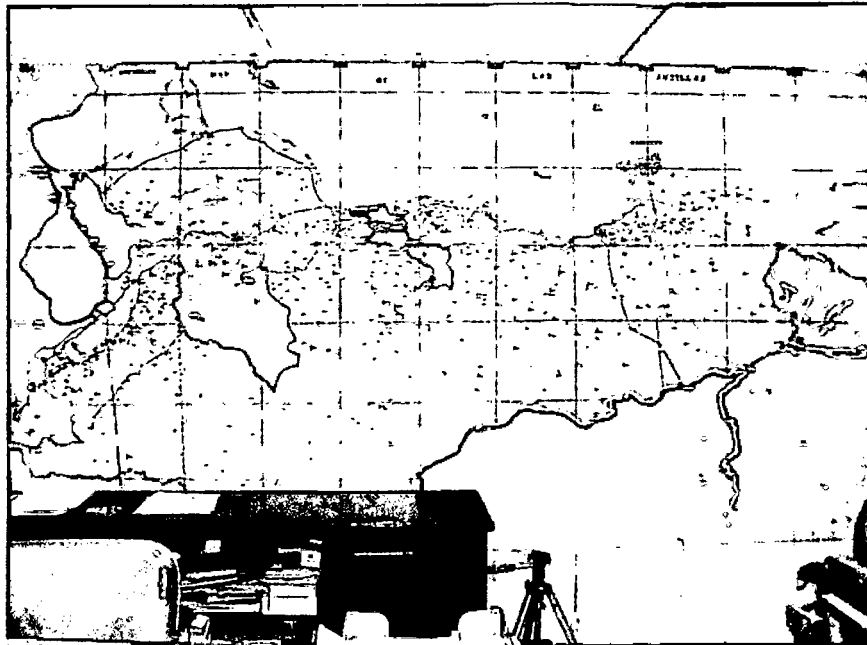


fig 1.1 Mapa de distribución de estaciones de medición del tipo hidrológico y/o meteorológico.

En este sentido el Gobierno está desarrollando un programa de modernización del sistema Hidrometeorológico nacional denominado VENEHMET, que pretende incorporar más de 600 estaciones automáticas junto con otros sistemas de medición. Toda esta información será recabada por el Centro Nacional de Pronósticos Hidrometeorológicos (CENAPH).

De ahí la importancia de este estudio, al poder plantear distintas posibilidades de telemetría para su aplicación en este ramo.

2. ESTACION METEOROLOGICA AUTOMATICA

Una estación meteorológica automática (EMA), es un conjunto de equipos electrónicos que permiten medir e indicar el comportamiento instantáneo correspondiente a las variables atmosféricas, estando en capacidad de procesar y almacenar estas variaciones en forma automatizada.

En el mercado existe una gran variedad de modelos, que difieren en su tamaño, peso, equipo de adquisición y procesamiento, sin embargo se asemejan en el principio de funcionamiento y el elemento sensitivo de los sensores por lo general.

El equipo de adquisición se basa en un microprocesador temporizado que muestrea las señales de los sensores, procesándolas y dispone los datos. La disposición de los datos puede ser por puerto de comunicación, pantalla ó memoria. Para el almacenamiento de datos, cuentan con una memoria interna fija, siendo necesario descargarla ó una memoria extraíble que puede ser intercambiada. El almacenamiento de datos se puede hacer en valores de tensión corriente ó impedancia. Estos valores se tienen con una correspondencia directa de la variable medida por el sensor, por lo que se configura mediante un pequeño programa que calcula la relación entre el valor dado por el sensor y la variable correspondiente, arrojando los valores en unidades de ingeniería, por ejemplo en: mm, m/s, J/m^2 , °, °C, °F, %, etc.

Estos fabricantes, en su mayoría son compañías de: Alemania, Canadá, Inglaterra, Finlandia y EUA. Debido al mercado tan pequeño, cuentan con representantes de ventas en nuestro país más no un soporte técnico especializado, por lo que cuando se presenta una falla considerable en los equipos la solución generalmente es remitir el equipo a la casa matriz, implicando costos de envío considerables además de prescindir del equipo durante el proceso de reparación y por lo tanto no poder continuar con las mediciones, que es justamente el objetivo de la estación. Al pretender hacer la reparación en el país, el propietario del equipo deberá hacerlo bajo sus propios medios y riesgo, al no contar con el soporte técnico necesario. Como ha sucedido en reiteradas oportunidades en distintas instituciones del país.

Una de las ventajas que arroja una EMA con respecto a la estación convencional es la disminución de la cantidad de instrumentos de medición necesarios para evaluar las variables atmosféricas, mayormente los graficadores, debido a la posibilidad de realizar las gráficas a partir de los datos obtenidos.

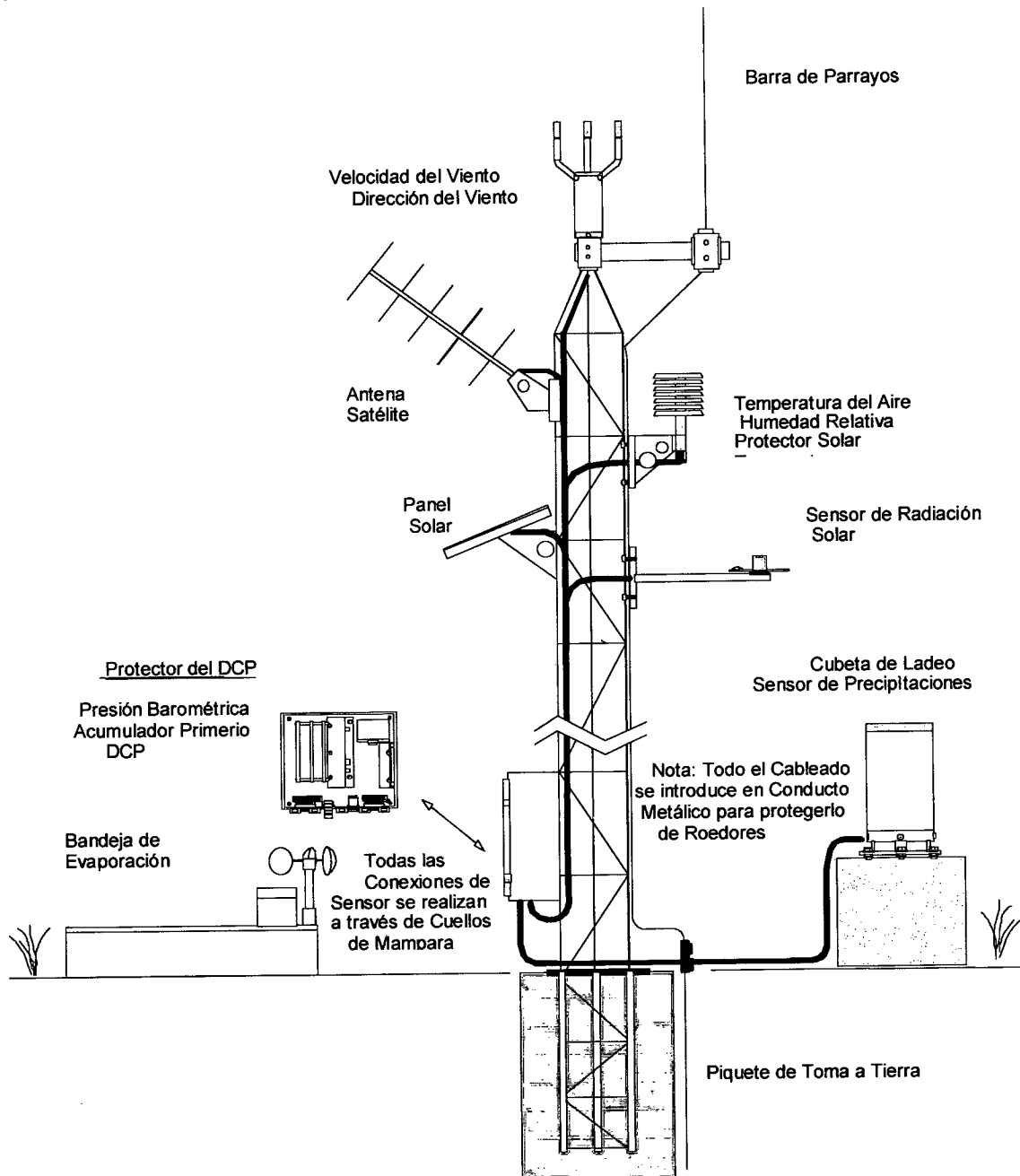


fig 1.2 Dibujo de una estación climatológica con telemetría

Por ejemplo para el caso de la radiación solar en una estación convencional se amerita de un actinógrafo para determinar la radiación durante el día y un heliofanómetro para medir

la duración de luz solar, mientras que en la estación automática con la medición del actinómetro se puede extraer mediante un pequeño programa la duración solar, radiación máxima, grafica de radiación diaria, promedio horario y otros datos de interés.

En la siguiente tabla se presenta un breve resumen de la variable atmosférica que puede ser calculada con los datos del sensor de la EMA y el instrumento utilizado en la estación convencional para tal fin.

Variable calculada	Sensor	Instrumento
Temperatura máxima y mínima	Temperatura	Termómetro de máxima Termómetro de mínima Termómetro Termógrafo
Horas de sol	Actinómetro	Heliografógrafo
Gráfica de lluvia	Pluviómetro	Pluviógrafo
Recorrido del viento	Anemocinómetro	Anemocinógrafo

Tabla 1.2 Comparación entre las variables y los instrumentos de observación electrónicos (sensores) como mecánicos (instrumentos).

Los instrumentos reflejados en la tabla 1.2 no son sustituidos por electrónicos, sino que a través de los datos de algunos sensores, se puede obtener el equivalente a la medición de dicho instrumento. Así por ejemplo con los datos de un sensor de temperatura podemos, además, obtener el dato de valor máximo y el mínimo registrado, pudiendo prescindir de dos instrumentos específicos como lo son los termómetros de máxima temperatura y de mínima temperatura. En contraparte el ahorro de instrumentos al automatizar con sensores electrónicos crea una responsabilidad mayor por el buen funcionamiento, que evidentemente al verse afectado un sensor las repercusiones serán mayores, ya que no se trata solo la variable medida, sino todas aquellas variables dependientes de los mismos datos.

2.1. Estación Meteorológica Automática de la U.C.V.

En el año de 1996, el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (M.A.R.N.), donó al Departamento de Ingeniería hidrometeorológica una estación meteorológica automática (EMA), fabricada en Alemania, que fue instalada en la estación climatológica convencional de la U.C.V., sin embargo, ciertos desperfectos en el equipo de adquisición de datos (*datalogger*) no permitieron llevar un registro de las mediciones por un período cercano al año y medio.

Posteriormente fue instalado nuevamente con un equipo de adquisición Canadiense, esta también presentó fallas en la forma de adquisición y el manejo del software, además de estar configurada solo para una entrada (el pluviómetro). La situación pudo solventarse gracias a la donación de un nuevo equipo de adquisición (*datalogger*), desarrollado como tesis del postgrado en Instrumentación y Control de la Facultad de Ciencias, para la red de estaciones meteorológicas de ese MARN. A diferencia de los anteriores, se pudo contar con acceso a la tecnología de fabricación y el total apoyo para proceder al desarrollo de este trabajo.

2.2. Configuración de la EMA de la U.C.V.

Una estación meteorológica debe registrar un mínimo de parámetros, recomendados por la Organización Mundial de Meteorología OMM, que es el órgano a escala mundial establecido para dictar las políticas a seguir en lo concerniente a la HIDROMETEOROLOGIA, estos parámetros son:

1. Velocidad del Viento
2. Dirección del Viento
3. Curso del Viento
4. Temperatura del Aire
5. Humedad Relativa
6. Precipitaciones
7. Radiación Solar
8. Evaporímetro

La estación climatológica está configurada con los siguientes equipos: Sensores, equipo para recolección de datos, equipo de procesamiento de datos y equipo para acceso remoto (opcional).

Para la medición de estos parámetros la estación meteorológica de la U.C.V. se encuentra dotada de los sensores que a continuación se detallan



Fig. 2.1. Estación Meteorológica de la UCV

2.3. Sensores de la EMA de la U.C.V.

Los sensores de una EMA deben estar ajustados para evaluar los parámetros señalados en una estación meteorológica, para tales efectos la OMM establece una serie de las recomendaciones para los sensores. Los sensores instalados en la EMA UCV se describen a continuación:

2.3.1. Sensor de Humedad Relativa y Temperatura Ambiente

Los sensores de humedad relativa y temperatura ambiente, están incluidos en una única sonda Marca SEBA, modelo SN-122 con el fin de facilitar su instalación, mantenimiento y reparación. Las señales de salida de la sonda son proporcionales a la temperatura ambiente y a la humedad relativa.

Esta sonda está construida con una aleación de aluminio (resistentes a la corrosión) de fácil montaje dentro de un protector de radiación solar del modelo Gill. Este protector es considerado una parte integrante del montaje del sensor. Las especificaciones de precisión para el sensor están compuestas por la combinación las del sensor y del protector. La parte

del montaje compuesta por el sensor está construida para protegerlo contra la contaminación y los insectos que normalmente se encuentran en los trópicos.

Especificaciones - Temperatura Ambiente

Tipo de sensor:	Termistor
Relación:	- 50 a + 60 °C
Precisión:	± 0,2 °C - 10 a + 60 °C ± 0,4 °C - 40 a - 10 °C
Resolución:	0,1 °C

Tabla 2.1 Especificaciones del sensor de temperatura

Especificaciones - Humedad Relativa

Tipo de sensor:	Capacitancia
Relación:	0 a 100%
Resolución:	1%
Límites Operativos de Temperatura:	- 40 a 60 °C
Señal de Salida:	0 a 1 VDC, lineal
Carga Mínima de Salida:	1000 ohmios
Estabilidad del Sensor de Humedad:	Mayor al 1% de Humedad Relativa (RH) por un año
Tiempo de Respuesta (sin Filtro):	10 segundos
Voltaje de Alimentación:	12VDC
Precisión (de 20 a 25°C):	± 1% de RH desde 0 hasta 100% de RH,
Consumo Máximo de Corriente:	2.5 mA

Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del sensor de Humedad relativa

El Protector de Radiación Solar aloja la sonda de humedad relativa y temperatura, de tal manera que las condiciones de medición se asemejan a las de la garita en las estaciones convencionales. Este protector permite la ventilación natural y bloquea la radiación solar directa y reflejada. El material de los discos es termoplástico, de una composición especial para soportar los casos extremos de exposición a la intemperie. Este material proporciona una gran reflectividad, una baja conductividad térmica y una poca retención de calor.

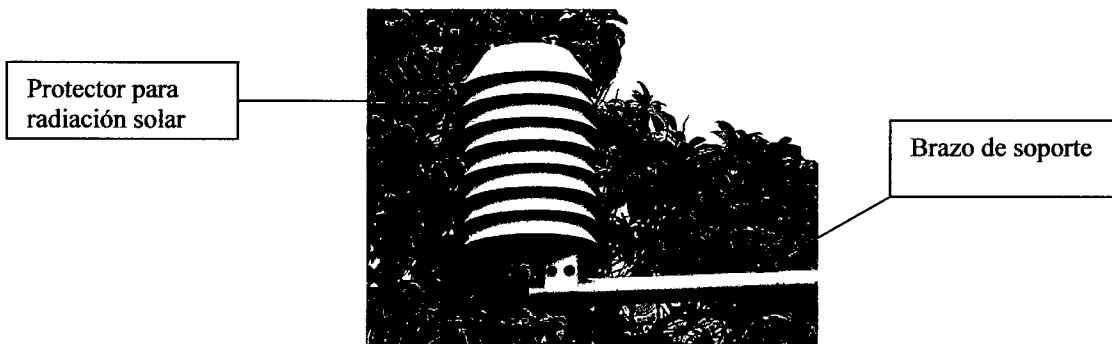


Fig. 2.2 Termohigrómetro

Especificaciones - Protector de Radiación Solar

Material del Protector:	UV blanco termoplástico estabilizado para proteger a largo plazo contra la exposición a la intemperie
Material del Montaje:	Soporte de montaje hecho en aluminio pintado de blanco satinado.
Diámetro:	12 cm
Altura:	27 cm
Peso:	0,7 kg.

Tabla 2.2a Protector de radiación solar

2.3.2. Precipitaciones

La Cubeta de Ladeo del Pluviómetro Marca SEBA, modelo BU-5, se compone de un embudo y un mecanismo de basculamiento que mide las precipitaciones líquidas en aumentos de 0,1 mm. Se recoge el agua a través de un embudo con un diámetro de 20,0 cm, que seguidamente la conduce a un mecanismo de dos cubetas basculantes ajustado para volcar y vaciar el agua una vez que se recoja 0,1 milímetros de ésta. Con cada volcado de la cubeta, un imán pasa a través de un conmutador de láminas, que provoca un cierre de contactos momentáneo, que es registrado por el contador del equipo de adquisición. El volcado también provoca que una segunda cubeta se coloque debajo del embudo, estando así preparada para que se llene de nuevo y se repita el ciclo. Las precipitaciones medidas se descargan a través de las tuberías de drenaje que se encuentran en la base del medidor.

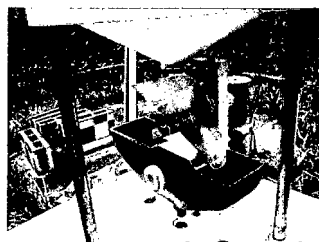


Fig. 2.3 Pluviómetro de balancín (tipping bucket)

Especificaciones – Pluviómetro de la Cubeta de Ladeo

Cubeta de Admisión:	Plástico
Resolución del Fenómeno:	0,10 mm
Precisión:	< ± 3%; mayor a 10 mm/h de lluvia
Cierre de Contactos:	Conmutador de láminas, activado por brazo de imán
Salida:	Cierre momentáneo del conmutador (longitud entre impulsos mayor a 0,1 seg.)
1 impulso por 0,25 mm de lluvia	
Diámetro del Orificio de Medida:	20,0 cm
Altura de Medida:	43,1 cm
Peso de Medida:	3,9 Kg
Montaje:	Tres pies pre- perforados

Tabla 2.3 Especificaciones Pluviómetro

2.3.3. Sensor de Radiación Solar

El Sensor de Radiación Solar tipo ESTRELLA N° 8101 de sensibilidad 16,72 $\mu\text{V}/\text{Wm}^2$ mide la radiación difusa y directa del sol. Su funcionamiento se basa en un conjunto de 12 placas de cobre pintadas de colores blanco y negro alternadas entre sí ubicadas en forma radial, que conforman una circunferencia. En el momento que inciden los rayos solares sobre estas placas, se produce una diferencia de temperatura debido a los colores, que genera una diferencia de potencial entre los terminales de la termocupla, de esta manera la diferencia de potencial entre los terminales del sensor es proporcional a la radiación recibida por este. Además, cuenta con una cúpula transparente (Cabeza de coseno completo) en la parte superior que concentra los rayos solares sobre la superficie de la circunferencia. También incluye un nivel de burbuja para facilitar la instalación.

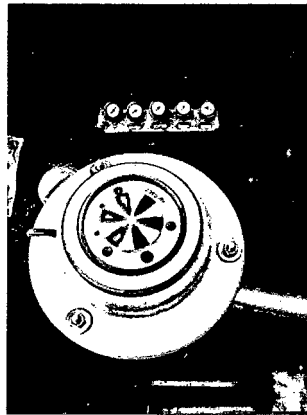


Fig. 2.4 Actinómetro

Especificaciones - Sensor de Radiación Solar

Respuesta espectral	0.3 a $3\mu\text{m}$
Elemento sensitivo	6 segmentos blancos y 6 negros de NiCr-CuNi
Impedancia	Aproximadamente 30 Ohm
Precisión	$\pm 5\%$ máximo bajo condiciones de luz del día natural, típicamente $\pm 3\%$.
Sensibilidad	$16,7\mu\text{V}/\text{W}^2$
Estabilidad	$\pm 3\%$ por año en operación continua
Tiempo de Respuesta	4 seg.
Tiempo de Respuesta	20seg para 95%
Deriva Térmica	$\pm 0,15\%$ por $^{\circ}\text{C}$ máx.
Corrección de Coseno	Corregido hasta el ángulo de incidencia de 80°
Efectos de Acimut	$\pm 1\%$ de error sobre 360° en elevación de 45°
Armazón del Sensor	Aluminio tratado anódicamente resistente a la intemperie
Temperatura de Funcionamiento	-40°C a $+65^{\circ}\text{C}$
Tamaño	135X90mm
Peso	0,6Kg
Longitud del Cable	3m
Accesorios	Para nivelación y montaje

Tabla 2.4 Especificaciones actinómetro

2.3.4. Nivel de tina evaporimétrica

El sensor se encarga de medir el nivel del agua contenida en la bandeja de evaporación (Tina evaporimétrica). El indicador emplea un único elemento sensor balanceado, incluye un flotador de polipropileno que asciende o desciende, dependiendo del nivel del agua dentro de la tina. El movimiento del flotante es transferido a un potenciómetro de 5K-ohm. El mecanismo está diseñado para evitar el oleaje. El rango de

medición es de 0 a 250mm. El mecanismo también mueve un indicador sobre una regla que permite comparar la salida con la lectura.



Fig. 2.5 Tina evaporimétrica

Especificaciones Evaporación de Bandeja

Relación de Funcionamiento:

- Nivel del Agua: 0 a 250 mm
- Temperatura: - 10° C a + 55° C
- Velocidad del Viento: 0 - 160 kilómetros por hora
- Precisión: 1% del tamaño natural para los parámetros anteriores

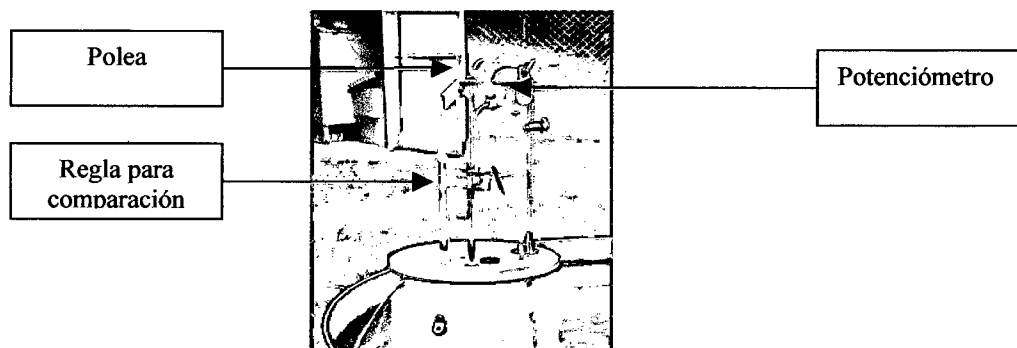


Fig2.6. Sensor de nivel

Sensor	Flotador sobre sistema de poleas
Transductor	Potenciometro de 5Kohm
Rango	0-250mm
Peso	6,8Kg
Tamaño	229X610mm

Tabla 2.5 Especificaciones Sensor de Nivel.....

2.3.5. Velocidad del Viento

Está compuesto de tres copas equidistantes sobre el extremo de un eje, las cuales por la fuerza eólica hacen girar a dicho eje que a su vez es un rotor que induce una tensión al encontrarse dentro de la carcasa. De esta forma la tensión inducida es proporcional a la velocidad del viento. Toda la estructura está elaborada en aluminio tratado anódicamente, a fin de protegerlo de la intemperie.

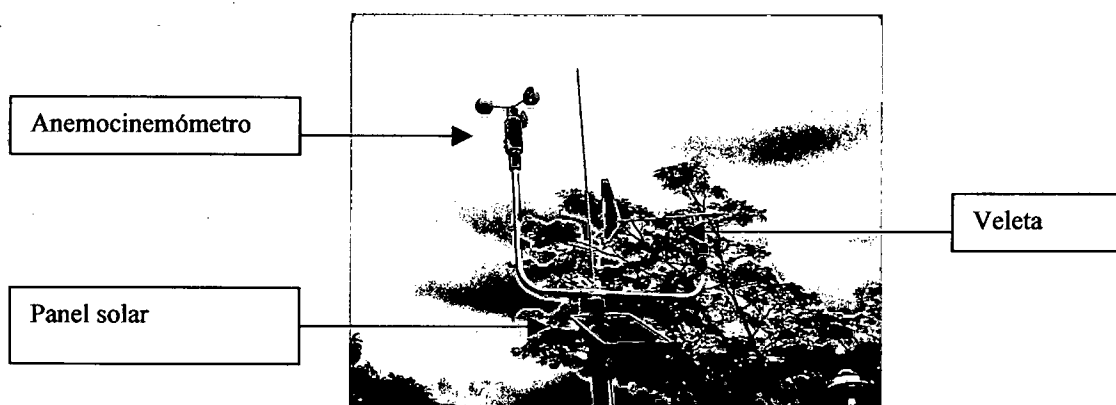


Fig. 2.7 Sensores de viento

Especificaciones- Sensor de velocidad del viento

Rango:	0 - 25 m/s y 0-50m/s
Tiempo Respuesta:	0,35 segundos
Voltaje de salida	0-5Volts
Velocidad del Viento	0,135 m/s o (3% siempre que sea mayor a 49,5 m/s; \pm 5% por encima de 49,5 m/s
Resolución	0,1 m/s

Tabla 2.6 Especificaciones Sensor de velocidad de viento

Procedimiento: Para determinar la relación de salida se sometió a prueba con un motor asincrónico, variando la velocidad y observando la tensión generada a la salida. Esta relación permitió determinar con la longitud del brazo de sujeción de las copas la relación para la velocidad lineal con respecto a la tensión de salida.

Sensor: Actinógrafo

Problema: Desconocimiento de las características de respuesta del sensor.

Procedimiento: Se sometió a prueba con un sensor patrón y observar su respuesta.

Resultado: Respuesta casi lineal de bajo valor (máx. 23mV)

Decisión: Instalar un amplificador de tensión de ganancia $A_v=176$ para llevarlo a los niveles de entrada del datalogger

Sensor: Temperatura

Problema: Valores fuera del rango al instalarlo junto al higrómetro defectuoso.

Procedimiento: Hasta instalar un reemplazo, se conectó solo.

Resultado: Operativo.

Sensor: *Higrómetro* (Humedad relativa del aire)

Problema: No registró valores y por estar integrado en una misma cápsula con el termómetro, se desconocía si los valores de este último se ajustaban, además de no hallarse el repuesto en el país.

Resultado: Temporalmente se conectó otro en paralelo, que solo funcionaba el higrómetro pero no la temperatura.

Decisión: Se instaló un reemplazo.

Sensor: *Nivel* (Evaporímetro)

Problema: El sistema de poleas era accionado por una guaya extremadamente fina y era inminente su reemplazo, pero no se consiguió por lo que se efectuó el cambio por un hilo trenzado de nylon con bajo coeficiente de elasticidad.

Resultado: Cambiar por guaya de acero.

Sensor: Dirección del viento

Problema: En periodos de calma, siempre tomaba una dirección fija (283°), al evaluarlo se notó desbalanceo del eje

Procedimiento: Desmontaje, alineación del eje, instalación con nivel y orientación al norte geográfico para $R= 0 \text{ Ohm}$

Protección y aterramiento:

Para minimizar los problemas de interferencia, todos los cables de los sensores conectados al datalogger se utilizaron con apantallamiento de papel de aluminio y protegidos con malla de acero, que fue conectada a la tierra del gabinete. Adicionalmente se canalizó todo el cableado con regleta de 1x1" distribuyendo los dispositivos en la forma más didáctica posible, ya que esta es otra de las funciones que cumple la estación.

Toda la estación se encuentra aterrada como sistema de protección para casos de descarga eléctrica atmosférica, con una barra metálica de 2m de longitud enterrada a la base de la estación y próxima a una toma de agua, para mantener una baja impedancia.

2.4. Equipo de Adquisición de Datos (EAD)

El sistema de adquisición de datos es el cerebro del sistema, cuenta con:

Un módulo de entradas donde son conectados los sensores de la estación mediante una bornera.

Un módulo de procesamiento que se encarga de hacer las mediciones y almacenar los datos.

Un módulo de memoria donde se resguardan los datos.

Un módulo de comunicación para poder establecer contacto con el equipo por medio de un puerto serial.

2.4.1. Módulo de procesamiento:

ó 12 bits según la sensibilidad que se le haya programado (Simple ó doble) almacenando dicha información en su memoria RAM (Random Aleatory Memory). En el caso que este programado para hacer cálculos (Promedios ó alertas) es aquí cuando los hace y procede a guardar los datos en el módulo de memoria. Una vez finalizada la operación de muestreo el equipo vuelve a su estado *dormido o sleep* hasta la próxima adquisición. En el caso de los acumuladores, como el pluviómetro, el conteo se va realizando constantemente y cuando el equipo despierta, estos datos son almacenados.

Es decir, el conteo figurará como ocurrido en el momento del muestreo.

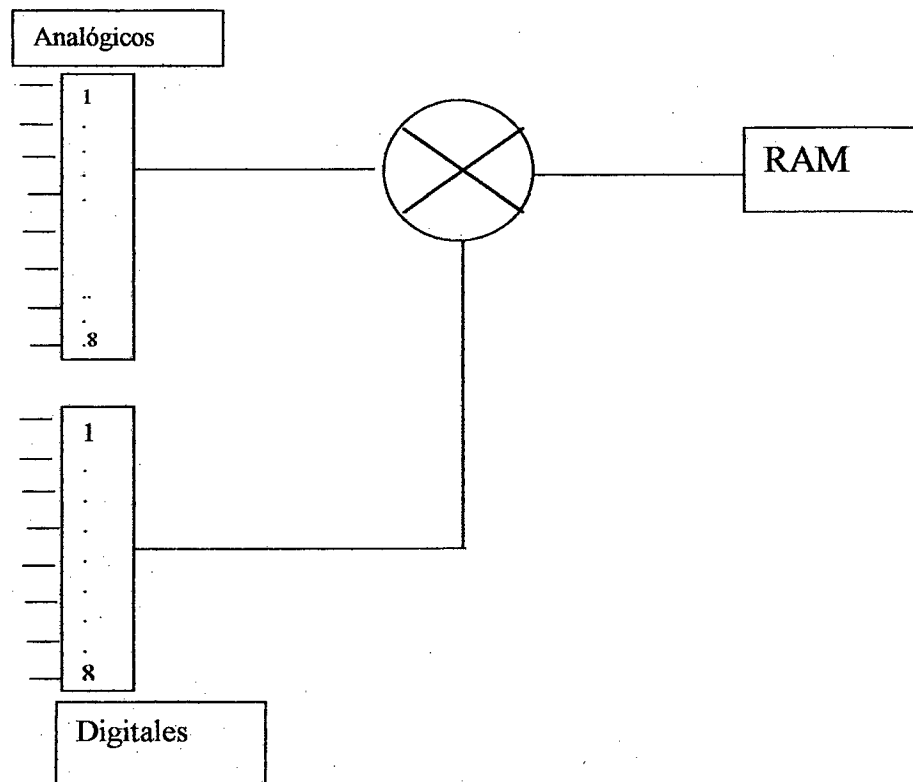


Fig2.1 Procesamiento para almacenaje de las señales de los sensores

2.3.5. Velocidad del Viento

Está compuesto de tres copas equidistantes sobre el extremo de un eje, las cuales por la fuerza eólica hacen girar a dicho eje que a su vez es un rotor que induce una tensión al encontrarse dentro de la carcasa. De esta forma la tensión inducida es proporcional a la velocidad del viento. Toda la estructura está elaborada en aluminio tratado anódicamente, a fin de protegerlo de la intemperie.

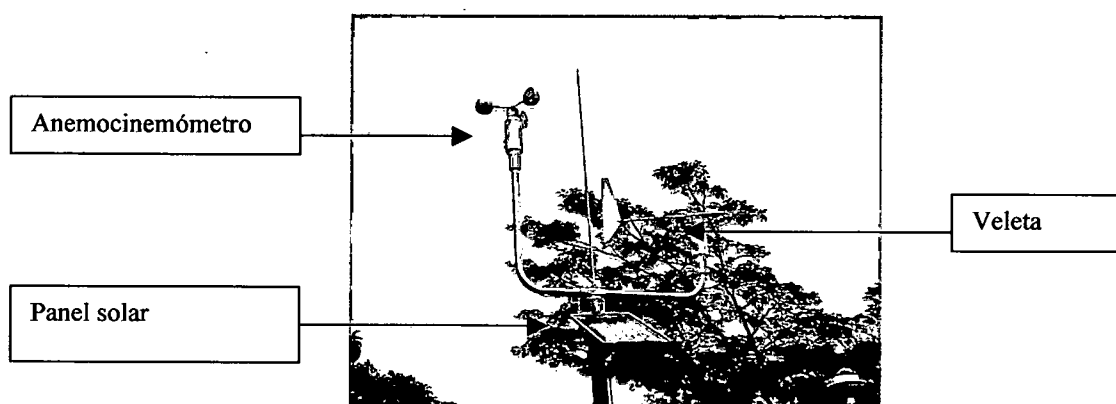


Fig. 2.7 Sensores de viento

Especificaciones- Sensor de velocidad del viento

Rango:	0 - 25 m/s y 0-50m/s
Tiempo Respuesta:	0,35 segundos
Voltaje de salida	0-5Volts
Velocidad del Viento	0,135 m/s o (3% siempre que sea mayor a 49,5 m/s; \pm 5% por encima de 49,5 m/s
Resolución	0,1 m/s

Tabla 2.6 Especificaciones Sensor de velocidad de viento

2.3.6. Dirección del Viento

Consiste de una veleta de bajo torque, liviana, balanceada y un potenciómetro cuya caída de tensión es proporcional a la dirección del viento. Cuando se efectúa la instalación debe corresponder el valor del norte con la menor impedancia del potenciómetro.

Especificaciones – Sensor de dirección del viento (Veleta)

Tipo:	Veleta
Rango	0-360°
Apreciación	± 3°
Potenciómetro	5K-ohm
Radio de giro	41,9cm
Material:	Aluminio tratado anodicamente y Acero Inoxidable

Tabla 2.7 Especificaciones Sensor de dirección de viento

2.3.7. Puesta a punto de la los sensores de la EMA

Para garantizar la validez de las mediciones fue necesario realizar la comprobación del buen funcionamiento, detectándose los estados de operación, mostrados a continuación:

Sensor: *Pluviómetro basculante* (Tipping bucket)

Procedimiento: Con una probeta graduada de 20mm/m² se procedió a vaciar lentamente el agua en el embudo. El fabricante establece una velocidad máxima de 38 oscilaciones por minuto.

Resultados: Se obtuvieron valores con errores cercanos al 30%.

Decisión tomada: Enviarlo a los talleres del MARN para su calibración, repitiendo la prueba se obtuvieron errores inferiores al 10%.

Sensor: Anemocinómetro (Velocidad del viento)

Problema: Desconocimiento de la relación entre la salida generada y la velocidad del viento, fue remitido a los talleres de TECNUN para determinar su relación.

Procedimiento: Para determinar la relación de salida se sometió a prueba con un motor asincrónico, variando la velocidad y observando la tensión generada a la salida. Esta relación permitió determinar con la longitud del brazo de sujeción de las copas la relación para la velocidad lineal con respecto a la tensión de salida.

Sensor: Actinógrafo

Problema: Desconocimiento de las características de respuesta del sensor.

Procedimiento: Se sometió a prueba con un sensor patrón y observar su respuesta.

Resultado: Respuesta casi lineal de bajo valor (máx. 23mV)

Decisión: Instalar un amplificador de tensión de ganancia $A_v=176$ para llevarlo a los niveles de entrada del datalogger

Sensor: Temperatura

Problema: Valores fuera del rango al instalarlo junto al higrómetro defectuoso.

Procedimiento: Hasta instalar un reemplazo, se conectó solo.

Resultado: Operativo.

Sensor: *Higrómetro* (Humedad relativa del aire)

Problema: No registró valores y por estar integrado en una misma cápsula con el termómetro, se desconocía si los valores de este último se ajustaban, además de no hallarse el repuesto en el país.

Resultado: Temporalmente se conectó otro en paralelo, que solo funcionaba el higrómetro pero no la temperatura.

Decisión: Se instaló un reemplazo.

Sensor: *Nivel* (Evaporímetro)

Problema: El sistema de poleas era accionado por una guaya extremadamente fina y era inminente su reemplazo, pero no se consiguió por lo que se efectuó el cambio por un hilo trenzado de nylon con bajo coeficiente de elasticidad.

Resultado: Cambiar por guaya de acero.

Sensor: Dirección del viento

Problema: En periodos de calma, siempre tomaba una dirección fija (283°), al evaluarlo se notó desbalanceo del eje

Procedimiento: Desmontaje, alineación del eje, instalación con nivel y orientación al norte geográfico para $R= 0 \text{ Ohm}$

Protección y aterramiento:

Para minimizar los problemas de interferencia, todos los cables de los sensores conectados al datalogger se utilizaron con apantallamiento de papel de aluminio y protegidos con malla de acero, que fue conectada a la tierra del gabinete. Adicionalmente se canalizó todo el cableado con regleta de 1x1" distribuyendo los dispositivos en la forma más didáctica posible, ya que esta es otra de las funciones que cumple la estación.

Toda la estación se encuentra aterrada como sistema de protección para casos de descarga eléctrica atmosférica, con una barra metálica de 2m de longitud enterrada a la base de la estación y próxima a una toma de agua, para mantener una baja impedancia.

2.4. Equipo de Adquisición de Datos (EAD)

El sistema de adquisición de datos es el cerebro del sistema, cuenta con:

Un módulo de entradas donde son conectados los sensores de la estación mediante una bornera.

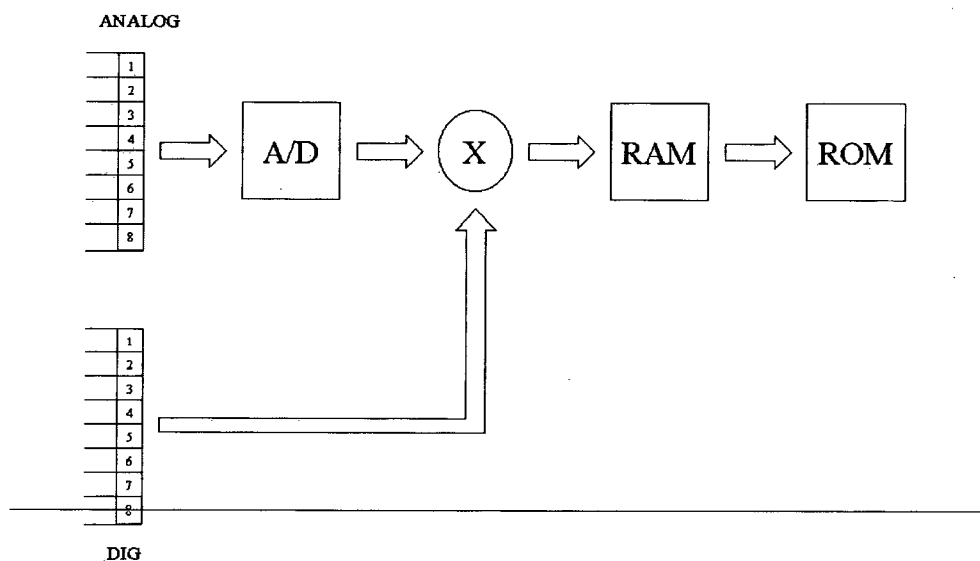
Un módulo de procesamiento que se encarga de hacer las mediciones y almacenar los datos.

Un módulo de memoria donde se resguardan los datos.

Un módulo de comunicación para poder establecer contacto con el equipo por medio de un puerto serial.

2.4.1. Módulo de procesamiento:

Se basa en un equipo controlado por un microprocesador y con un temporizador. El equipo es programado para realizar las mediciones con un período T , que puede variar de 1s hasta 24hrs. Cuando le corresponde hacer la medición el equipo es levantado y procede a alimentar los sensores durante un tiempo t_A , con el objeto de evitar el retardo de los sensores en el tiempo de respuesta. Luego mide la tensión en cada entrada y la digitaliza a 8 ó 12 bits según la sensibilidad que se le haya programado (Simple ó doble) almacenando dicha información en su memoria RAM (Random Aleatory Memory). En el caso que este programado para hacer cálculos (Promedios ó alertas) es aquí cuando los hace y procede a guardar los datos en el módulo de memoria. Una vez finalizada la operación de muestreo el equipo vuelve a su estado *dormido o sleep* hasta la próxima adquisición. En el caso de los acumuladores, como el pluviómetro, el conteo se va realizando constantemente y cuando el equipo despierta, estos datos son almacenados.



Es decir, el conteo figurará como ocurrido en el momento del muestreo.

Fig2.1 Procesamiento para almacenaje de las señales de los sensores

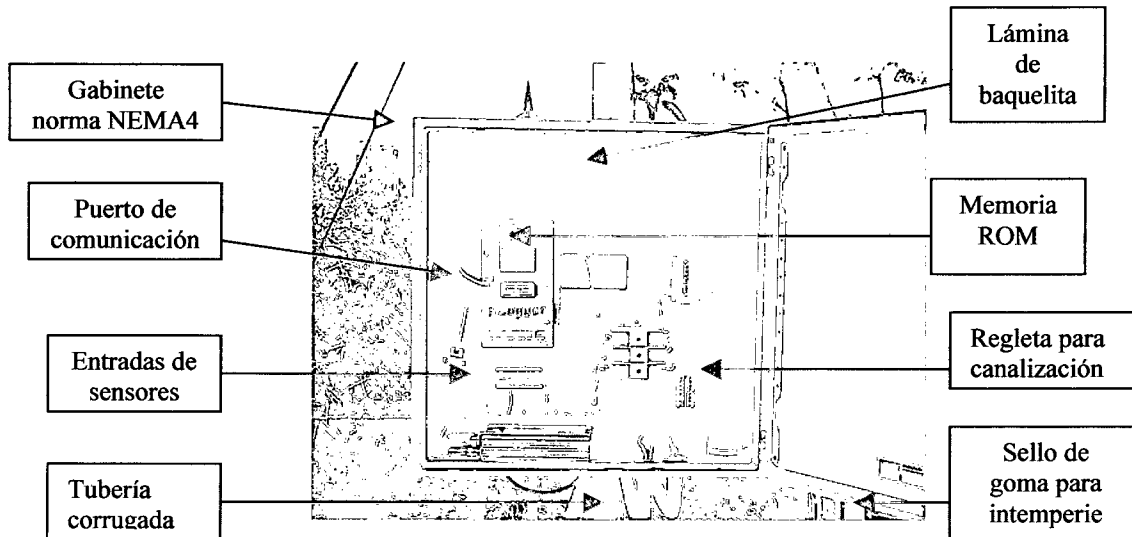


Fig. 2.8 Gabinete

Características del datalogger:

- Período de muestreo desde 1seg hasta 24 hrs.
- Tiempo de alimentación de los sensores ajustable, esto con el fin de superar el tiempo de respuesta de todos los componentes del equipo.
- Tipo de muestreo: simple (8 bits) o doble (12 bits).
- Cálculos de promedios, esto es, de las muestras tomadas se sacará el promedio que será el valor a almacenar en la memoria.
- Alarma. Permite ajustar el nivel de salida del sensor o sensores a partir de los cuales accionará la señal de alarma.
- Ahorro energético. Este es quizás la mayor ventaja que presenta el equipo ya que su estado normal (modo DORMIDO) consume 100uA y en modo operativo 10mA.
- Almacenaje en memoria sólida de los datos recopilados.

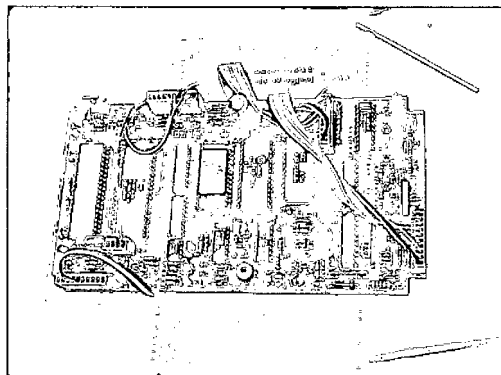


Fig. 2.9 Datalogger

Los niveles de señal a la entrada del datalogger son ajustados a los niveles de TTL ya que la mayoría de los sensores del mercado se encuentran en este rango. En el caso de que el sensor no tenga una salida acorde a estos niveles se le incorpora un acondicionador de señal.

2.4.2. Sensibilidad:

El muestreo se puede ajustar para precisión simple ó doble, 8 y 12 bits respectivamente, lo cual es necesario considerar según la capacidad del módulo de memoria, para la autonomía de la adquisición y no perder así los datos

2.5. Módulo de alimentación

Este equipo cuenta con un sistema de alimentación redundante:

- Un panel solar que permite la alimentación del equipo durante el día y a su vez la recarga de la batería.
- Alimentación de 12volt. Esta funciona con una batería de NiCd y se encarga de suplir las deficiencias del panel solar durante la noche o días nublados.
- Batería alcalina 9volt. Permite conservar la configuración del equipo en caso de ausencia de las dos fuentes de alimentación anteriores o en caso de traslado del equipo.
- La tarjeta PMCIA trae incorporada una batería de Li de 3V, que permite resguardar los datos. Ideal para poder intercambiar las tarjetas de memoria en un equipo en caso de falla de las 3 fuentes anteriores.

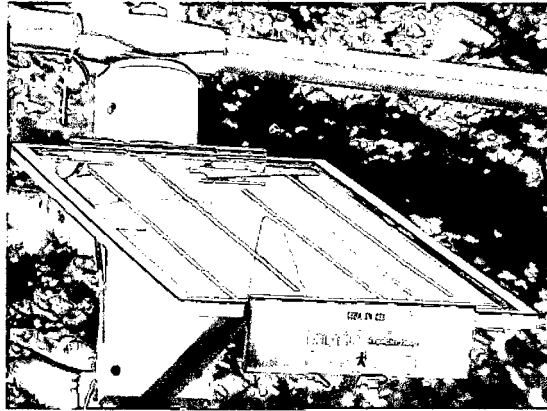


Fig. 2.10 Panel Solar

2.6. Módulo de memoria:

Es aquel donde son resguardados los datos de las adquisiciones y los propios de la estación, funciona en forma similar al disco duro de un computador personal. Se refiere a la tarjeta Personal Computer Memory Cards Associations (PCMCIA). En esta tarjeta son grabados los datos concernientes a:

Identificación de la estación; Nombre, ubicación, código, observaciones.

Sensores; Tipo de sensor y entrada utilizada.

Adquisición; Fecha y hora de cada adquisición, valores de las entradas configuradas.

En el caso de que estos no sean extraídos, el equipo puede programarse para continuar grabando en memoria a partir del dato de mayor tiempo ó puede detener la adquisición al llenarse la tarjeta de memoria.

2.7. Módulo de comunicaciones.

El equipo de adquisición cuenta con un puerto serial RS-232 para establecer la comunicación con el equipo, pudiendo ingresar a la configuración de adquisición programada en el equipo, los valores en tiempo real de los sensores y además a los datos almacenados en el módulo de memoria. Para extraer los datos, estos son empaquetados de la siguiente manera:

Datos: 8 bits

Paridad: Ninguna

Parada: 1 bit

Velocidad: Desde 300 a 9.600bps

Sí se conecta un PC a dicho puerto, debe configurarse de esta manera. El diagrama de conexión se muestra en la siguiente figura.

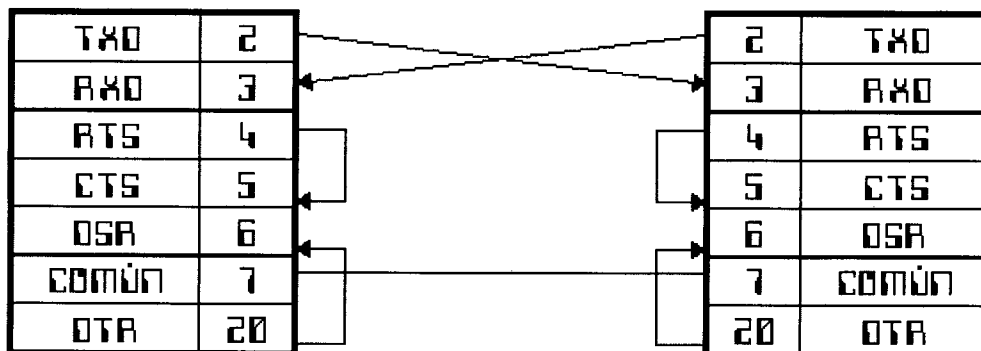


Fig2.11. Conexión entre dos equipos RS-232-C DTE sin utilizar acoplamientos.

2.8. Acondicionamiento de las entradas:

Como se mencionó anteriormente, existen una amplia variedad de fabricantes de estaciones automáticas diferenciando las características de funcionamiento entre una y otra marca. Por ello cuando se desea adaptar un sensor con niveles de respuesta diferentes a las entradas del equipo de adquisición, entonces es necesario adaptar la señal de salida del sensor a las características de entrada del datalogger, para lo que se utiliza un acondicionador de señal. En el caso de la EMA UCV fueron necesarios para los siguientes sensores:

Actinógrafo el nivel de salida está por debajo del rango, por lo que fue necesario incorporarle un amplificador con ganancia $A_v=176$ para adecuarlo a los niveles de entrada del datalogger.

3. Acceso remoto a una EMA:

La finalidad de un acceso remoto, es permitir al usuario operar el equipo como si se encontrara en el sitio de medición (Estación climatológica en nuestro caso) preferiblemente con la mayor eficiencia y al menor costo. Existe gran cantidad de sistemas que pueden ser utilizados para implementar la telemetría que pudiéramos clasificar según el medio de transmisión en:

Guiadas: Fibra óptica, cable coaxial, par trenzado, etc.

No guiadas: Haciendo uso de radio frecuencias para establecer enlaces sobre el terreno.

Satelitales: Utilizando sistemas interestaciales (Satélites artificiales).

El objetivo del presente trabajo establece la implementación de la primera categoría (Guiada) y el diseño de una de las otras dos (No guiada y satelital).

3.1. Enlace terrestre

En el punto 2.8 vimos las características de comunicación del equipo de adquisición, que es la forma de comunicarse con la EMA UCV. El otro aspecto que debemos considerar son las características del lugar, a fin de tener claros los criterios para hacer la selección del sistema de acceso remoto.

3.1.1. Criterios para el estudio de las opciones por cable.

El sitio de recepción establecido fue el Laboratorio de Pronósticos y modelación del Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica, ubicado en la PB del edificio sede. La EMA UCV se puede observar desde el sitio de recepción a una distancia aproximada de 60m al Este, separados por una zona verde y el pasillo de ingreso a las instalaciones. Este pasillo techado pasa por la entrada principal (Frente a la estación climatológica UCV) en dirección Oeste, luego bordea el jardín en dirección Norte y posteriormente Oeste hasta el edificio sede, paralelamente al pasillo se encuentran sendas canalizaciones. Una para la iluminación y otra en un trayecto menor utilizada para el paso de la fibra óptica de la red UCV.

El puerto de acceso al datalogger es para RS-232-C configurado para Data Terminal Equipment DTE, que suele ser suficiente para la conexión de equipos cercanos.

En nuestro caso la distancia es mayor que la soportada por RS-232 por lo que sería conveniente utilizar otro estándar que soporte los requerimientos para la velocidad de transmisión (9600bps máx) y distancias mayores a los 100m.

Para estas situaciones la EIA (Asociación de Industrias Electrónicas) desarrolló y formuló en 1975 otro estándar de transmisión de datos más robusto, el RS-422-A.

En virtud de estas premisas se decidió implementar el sistema sobre par trenzado utilizando la Norma RS-422-C

3.1.2. Selección del Standard RS-422

Este ha sido diseñado para distancias hasta de 1.200m, el alcance de la transmisión depende de la velocidad implementada ya que ha mayor velocidad menor alcance.

Este cambio del sistema permite un incremento notable de las prestaciones; utilizando cable trenzado apantallado es posible alcanzar distancias de 1200 metros y velocidades de transmisión cercanas a 1 megabit por segundo (1Mbps), adaptándose perfectamente a nuestra situación. Lo que supera con creces las exigencias para el caso en estudio.

3.2. Implementación de la comunicación por cable

Se compone de tres fases que son: Canalización del cable, conexión, convertidores de señal RS-232/RS-422.

3.2.1. Canalización:

Requerimientos.

Los hilos se distribuyeron de la siguiente forma:

Para la conexión en RS-232-C a 422-C	4 hilos (Tx, Rx, CD y Gnd.).
Otra fuente (Emergencia) a 12VDC	2hilos
Línea telefónica	2hilos
Reserva	2hilos

Selección del cable: El cable utilizado fue del tipo TDI 5pares trenzados AWG 19, apantallado.

Trayecto: Este es uno de los aspectos que se debe considerar con mayor detenimiento, observando los siguientes puntos.

- Seguridad: Es necesario que este protegido el cable contra la intemperie, accidentes y/o vandalismo, que en la mayoría de los casos requiere de canalización por tubería.
- Interferencias: Sí la tubería es o se prevé que sea de uso compartido, debe considerarse que las transmisiones no interfieran entre sí.
- Distancia: El costo del cableado es directamente proporcional a su longitud, por ello se debe buscar la ruta más corta posible.

Se decidió aprovechar un trayecto de la canalización de la red de fibra, en tubería EMT 2" desde el edificio sede hasta una tanquilla de paso adyacente a la estación, e instalar desde dicha tanquilla hasta el gabinete de la EMA.

El trayecto se divide en cuatro partes que son:

Tramo	Desde-hasta	Distancia aprox (m)	Canalización
1	Gabinete-caseta	11	Conduit ½"
2	Caseta-tanquilla	10	Conduit ¾"
3	Tanquilla-Edf. sede	80	EMT 2"
4	1er piso-PB	10	Ninguna

Tabla 3.1 Distribución de canalización del cableado

3.2.2. Conexión

Bajo las restricciones de conexión del RS-232, implica realizarlas igualmente para la conexión RS-422. Este procedimiento sucede en buena parte de los dispositivos RS-422 comercializados. En alguno de ellos podemos observar que sólo utilizan uno de los acoplamientos posibles: Request to Send/Clear to Send (RTS/CTS) o Data Terminal Ready/Data Send Ready (DTR/DSR). En otros únicamente se mantienen los pares de cables de transmisión y recepción, como es el caso nuestro, **utilizando la conexión mostrada en la Fig. 2.11**

Para el DCE se utilizó una tarjeta PCI convertidor de RS-422/232 marca Computer Board. Adaptada sobre un PC 386

Para el DTE se realizó un convertidor modular para RS-232/422 utilizando integrados Maxim 485

3.3. Acceso remoto no guiado

En forma análoga al caso de acceso remoto guiado se deben analizar los siguientes aspectos:

3.3.1. Criterios de estudio de las opciones inalámbricas (premisas):

Para poder realizar el estudio de las distintas tecnologías ofrecidas en el mercado, primeramente debemos considerar las características propias del caso que nos atañe, tales como las geográficas (Ubicación, topografía, distancia de enlace, etc), climáticas (Precipitación, vegetación, etc) y del sistema. De esta última en especial debemos considerar en especial:

3.3.2. Características de la EMA:

Para el caso de acceso inalámbrico hemos de tener otras consideraciones adicionales de la EMA, que a continuación se analizan.

3.3.2.1. Velocidad de transmisión:

El tamaño de los archivos varía dependiendo de la configuración del muestreo, para lo que hemos de considerar el caso más desfavorable, es decir un muestreo cada 3seg, con promedio por minuto y doble sensibilidad (Muestras de 12bit) con 7sensores más batería, haciendo un total de 8 muestras a 12 bit, cada minuto dando 138240bit diarios, aproximándolo a 140Kb por día. Esto nos da mediante un cálculo básico, que utilizando una velocidad de transmisión de 300bps se necesitaría menos de 8min por estación para recopilar el archivo de un día. Basado en esta premisa vemos que no se amerita un sistema de alta velocidad, por lo que la velocidad no representa una limitante inminente.

Otro caso es la necesidad de observación esporádica en tiempo real, donde se debe considerar que el tiempo de acceso debe ser sumamente inferior a la duración del evento y bastaría con unos pocos minutos de retardo para poder observar en tiempo real los valores del evento, por lo que la gran mayoría de los sistemas pueden ofrecer este requerimiento.

3.3.2.2. Consumo eléctrico:

El otro factor a considerar es el consumo de los equipos de transmisión. Este es el renglón más importante ya que todo el sistema funciona con energía eléctrica y en ausencia de esta no puede operar. El caso más desfavorable a considerar es la alimentación por panel solar y batería. Es por ello que el equipo de adquisición está implementado para funcionar en modo *dormido* con bajo consumo energético y para la adquisición este se *despierta* para alimentar a los sensores, adquirir los valores de cada uno y seguidamente entrar en el estado anterior de dormido. Esta exigencia en el diseño del equipo fue pautaada por el MARN considerando el caso de ausencia de una red de alimentación, cuando es imperativo que todo el sistema opere con el mínimo consumo eléctrico, por ello en lo que se refiere a los equipos de comunicación se deben utilizar equipos de consumo de potencia tan baja como sea posible y que puedan trabajar en modo dormido preferiblemente.

3.3.2.3. Ubicación:

En el mismo orden de ideas consideraremos el caso más desfavorable, cuando la estación se encuentra en áreas remotas sin ningún tipo de posibilidad para acceder a una línea telefónica y por ende las alternativas deben ser inalámbricas.

3.3.2.4. Autonomía:

Por lo general una de las mayores ventajas que representa la automatización, es el disminuir la frecuencia de visitas a las estaciones, que de por sí representa la economía más significativa. Esto deriva en que al implementar las EMA, las visitas se realizarán cada vez más espaciadas, hasta por períodos de tres meses y en los casos más desfavorables no debe considerarse la visita en caso de ser posible. Esto implica que los equipos deben ser lo más autónomos posible y requerir poco mantenimiento a pesar de estar sometidos a los rigores ambientales.

Como vemos de todo lo anterior, en este caso las principales limitaciones son:

Consumo eléctrico (Tan bajo como sea posible)

Ubicación remota y en áreas de poco o ningún servicio.

Resistencia al medio ambiente.

Poco mantenimiento.

3.4. Sistemas inalámbricos

Debemos considerar que las estaciones automáticas, por lo general, se encuentran ubicadas en lugares alejados y de difícil acceso. Bajo esta premisa fueron evaluados los siguientes sistemas inalámbricos ofrecidos en el mercado:

3.4.1. Radio VHF - UHF.

Estos presentan una opción cuyas ventajas radican en la propiedad del sistema, su velocidad y su amplia difusión, sin embargo, necesitan de un mantenimiento constante, lo cual se complica para el caso de una red de radio transmisores aisladas y distantes entre sí. A esto se le suman las gestiones necesarias a realizar para la asignación de las frecuencias de operación por parte de los entes gubernamentales.

Su alcance está limitado por las condiciones topográficas, potencia del transmisor y ganancia de la antena. La situación se complica en el momento que es necesario

incorporar repetidoras, puesto que implica una estructura independiente de las estaciones meteorológicas.

Esta tecnología es más común en los sistemas telemétricos con cierto tiempo de instalación y la razón de su interrupción en el servicio, generalmente es la falta de mantenimiento, que puede ocurrir por deficiencias desde económicas hasta ausencia total de políticas de mantenimiento preventivo. Sin embargo es una alternativa confiable cuando la red es de pocas estaciones.

También se han implementado en el país modelos combinados que permiten el acceso por línea telefónica hasta el radio-modem y desde ahí se establece el enlace por radio hasta la radio-modem de la EMA, bajo esta configuración, por lo general, no se requiere de repetidora.

En el mercado existe una amplia gama de módem diseñados para funciones telemétricas y con muy variadas tecnologías de funcionamiento.

3.4.2. ARDIS (Advanced Radio Data Information Service)

Es un servicio de radio de dos vías basado en la tecnología Motorola RD-LAP desarrollado por dos propietarios de protocolos de interfaces aéreas para las redes de datos ARDIS dando un servicio a 19.200 b/s o 4.800 b/s.

3.4.2.1. Descripción del sistema

La red ARDIS está diseñada con una estación base que se conecta a un radio controlador de red con líneas dedicadas. El usuario remoto accesa al sistema con un terminal portátil (laptop) que puede comunicarse con la estación base. Cada celda cuenta con un radio controlador de red, como se muestra en la figura 3.1, que es una computadora especial también llamada procesador de control de redes en frecuencia de radio (Radio Frequency Networks Control Processor RF/NCP), maneja las fuentes de RF incluyendo las estaciones base y envía los datos sobre los canales de radio. Ambos canales, dentro y fuera del límite, son manejados utilizando estrategias totalmente diferentes.

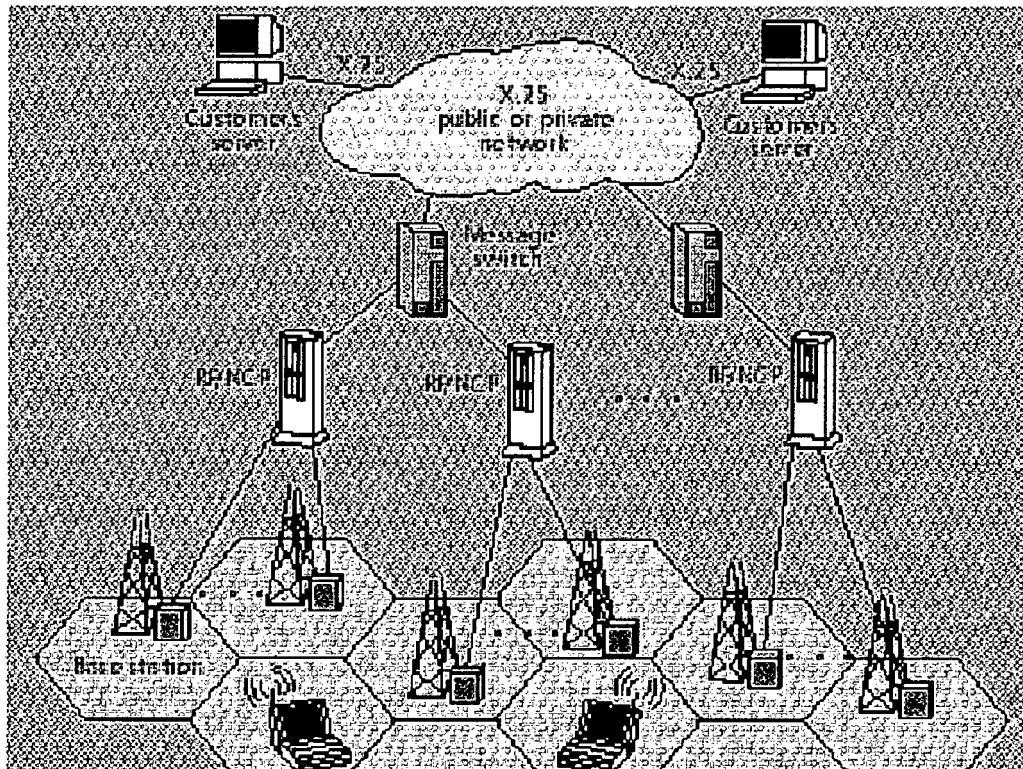


Fig. 3.1 Arquitectura de ARDIS

El RF/NCP evalúa la intensidad de la señal recibida desde los dispositivos de transmisión inalámbricos de cada estación base para cada paquete de datos que ingresan. Este entonces selecciona la mejor estación base para comunicarla con el dispositivo en particular y envía el próximo mensaje *saliente* a través de la estación base. Este proceso permite la selección óptima del sitio aunque el suscriptor se esté moviendo o esté sujeto a ruido RF.

El RF/NCP es uno de los componentes de red que ayuda al seguimiento automático (Roaming) de las redes ARDIS. Los dispositivos inalámbricos pueden moverse automáticamente entre una de las frecuencias ARDIS en cualquiera de los dos protocolos aéreos (MDC 4.800 o RD-LAP 19.2) o entre las capas de ARDIS que han sido configuradas para uso en edificaciones o en calles. Además, a través de las transmisiones periódicas de los "mensajes de canal" de cada dispositivo inalámbrico, asegura el servicio disponible en el área en forma más eficiente.

Cada RF/NCP es conectado a una línea de alta velocidad para conmutación de mensajes (MS). El RF/NCP pasa la información relativa a la fuente, destino y longitud de cada mensaje al MS, ARDIS habilita un análisis de red para la portadora y densidad de tráfico en

*

cada sitio. El MS pasa la información al RF/NCP relativo a la unidad suscriptora que es apropiadamente registrada en la red autorizándole el acceso a varios servicios. Cada MS, en general, es un computador que actúa como el corazón de la red ARDIS. Este enruta los mensajes al destino apropiado, suscribe y graba la información de registro y ejecuta las funciones de conteo y billing. Este también sirve como punto de acceso para las supertramas, conversión de protocolos, resolución de problemas de determinación y provee unas funciones de prueba y supervisión para el sistema directivo de la red. El enlace entre el computador (supertrama) y un MS es realizado utilizando circuitos dedicados asincrónicos, bisincrónicos, SNA o (el más común) X25.

La frecuencia de operación es en la banda de 800 MHz y los enlaces RF están separados en 45 MHz entre transmisión y recepción que son los utilizados comúnmente para el modo full-duplex. ARDIS inicialmente fue implementado con canales RF de 25 KHz a velocidades de 4.800, pero ha sido elevado a 19.200 en algunas áreas de servicios. La potencia de la estación base es aproximadamente de 40 W, que con línea de vista da una cobertura en un radio de 16 a 20 Km. Por otro lado, los radios terminales operan con 4 W de potencia. Las áreas de cobertura de las estaciones bases individuales se solapan incrementando la probabilidad para la señal de un terminal, extendiendo o contrayendo ~~una~~ el área de una estación base. La cobertura por solapamiento, combinada con el diseño de los niveles de potencia y código de corrección de errores, en el formato de transmisión, aseguran que ARDIS puede soportar comunicaciones tan buenas dentro de las edificaciones como en las calles. Esta capacidad de cobertura en las edificaciones es una de las características importantes de ARDIS. /

Dentro de cada celda el radioterminal ARDIS accesa a la red utilizando un método aleatorio llamado Data Sense Múltiple Access (DSMA). Para cada transmisión, el radio terminal solicita al transmisor de la estación base si un "busy bit" (bit de congestamiento) esta encendido o apagado. Esto indicará a la estación base si puede recibir los datos (on) ó no (off) y, efectivamente, este código de estado corriente es enviado en el canal ascendente. Cuando este bit esta encendido, el radio terminal tiene prohibida la transmisión, evitando así la colisión de los paquetes. Por otro lado, cuando el busy bit esta off el radio terminal es autorizado para la transmisión. Sin embargo, estos dos tienen que

iniciar la transmisión al mismo tiempo. Si los paquetes colisionan es iniciada una retransmisión con otro protocolo de acceso múltiple basado en la contención.

3.4.2.2. *Arquitectura del protocolo*

La figura se muestra los pasos usados por el protocolo de ARDIS para transporte a varios puntos de interfaz e intercambio de datos.

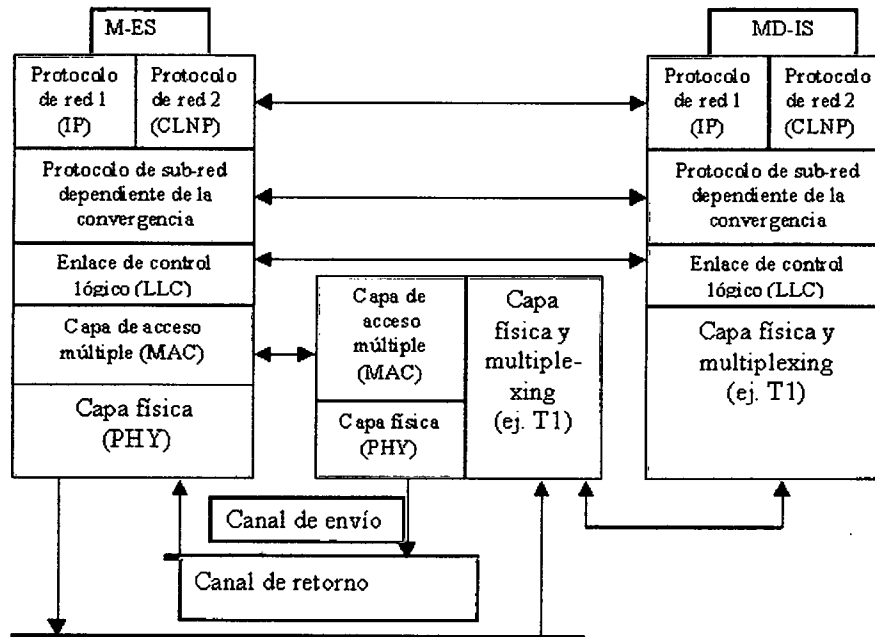


fig 3.2 Capas del protocolo ARDIS para el sistema intermedio y usuario final

En el servidor (Host) el protocolo utilizado es el Standard Counting Routing (SCR) que es utilizado para transportar los datos entre el MS y el servidor. Los paquetes de mensajes transmitidos son separados cada uno con información de encabezado, enrutamiento y tamaño, y el mensaje de datos. Los mensajes del Host pueden ser cada uno de los tres tipos básicos siguientes:

HR, usado por el Host para enviar mensajes a un terminal móvil.

HC, usado por el MS para confirmar mensajes recibidos.

MI, usado por un móvil que desconoce el mensaje recibido.

Adicionalmente, los mensajes extendidos SCR son usados para supervisar las actividades del móvil, ~~las~~ de diagnóstico y chequeo del estatus.

En un terminal móvil, el protocolo NCL es utilizado como la capa de enlace entre las aplicaciones del cliente sobre el terminal móvil y el radio móvil. El protocolo NCL suministra un servicio de transacción orientada para las aplicaciones sin conexión. Para

cada comando de aplicación expedido hay una respuesta sacada por el radio módem para dicho comando. La información intercambiada entre el terminal móvil y el radio módem en datos es llamada SDU. El NCL provee tres tipos de SDU:

- Comando SDU con las instrucciones de como enviar y recibir mensajes.
- Respuestas SDUs del estado, que son contestaciones a las órdenes
- Reporte de eventos SDUs, que pueden habilitar ó deshabilitar.

Adicionalmente son enrutados los mensajes usando protocolos SCR y NCL. Las redes ARDIS proveen mensajes de datos TAC (DM), también conocidos como enrutamientos peer-t-peer. Con la ayuda de protocolos, pueden enviar mensajes desde un móvil a otro, estableciendo así un servicio de mensajes de dos vías. Para este servicio, un host intermediario es usado dentro de la infraestructura de ARDIS.

Dentro del segmento de la radio en la red, entre el módem y una estación base, los protocolos RD-LAP ó MDC-4800, suministran funciones de la capa de enlace y la capa de red. La longitud máxima soportada es de 512 bytes para RD-LAP y 256 para MDC-4800. La técnica de modulación para la capa física es GFSK (Gaussian frequency Shift Keying).

3.4.3. SISTEMA GSM

Este modo de comunicación inalámbrica tipo celular es el más difundido en Europa, tanto así, que la cantidad de usuarios que actualmente utilizan dicho sistema, supera en número al resto de los usuarios en el mundo. Es por ello, que los equipos de adquisición fabricados en ese continente, cuentan dentro de las opciones de comunicación para telemetría, con esta alternativa, como lo son Alemania, Finlandia e Inglaterra entre otros, cuyas EMA son de reconocida calidad a escala mundial.

3.4.3.1. Principio de funcionamiento.

Se basa en la tecnología TDMA (Time Division Multiple Access) , basado en el estándar IS136, al igual que AMPS y aplicado en CDPD. Dicho sistema cuenta con las siguientes características:

3.4.3.2. Frecuencia:

Este opera en las bandas de frecuencia de 900 y 1800 Mhz (DCS), y para el sistema americano también opera en la banda de 1900Mhz. En la banda de 900Mhz GSM tiene

124 canales dividido cada uno en 8 ranuras de tiempo, usualmente la ranura 0 es utilizada para comunicar la información de control, esto da la posibilidad de efectuar 868 llamadas al mismo tiempo. $124 \times (8-1) = 868$

3.4.3.3. Cobertura:

Tiene un rango de cobertura de 2 a 35 Km, dependiendo del tipo de radio de la estación base.

3.4.3.4. Transmisión de datos:

Esta se hace insertando el paquete de datos en la trama de la transmisión de voz. Algunos sistemas cuentan con el mensaje de alerta que puede ser un paquete de 128 bytes sin costo adicional, pero en general se trata de paquetes hasta 64 bytes.

3.4.3.5. Expansión.

Este sistema (GSM), es el más reciente en tecnología celular que se ha implementado en nuestro país, siendo administrado por tres compañías diferentes para la región oriental, centro y occidental. Motivo por el cual la infraestructura que tienen hasta los momentos instalada ofrece menor área de cobertura que otras compañías de igual servicio pero distinta tecnología, sin embargo, se perfila una expansión de este sistema a mediano plazo en los principales medios de comunicación inalámbrica del país, avalado por el desarrollo tecnológico implementado en los equipos europeos para adquisición de datos .

3.4.4. GPRS

GPRS (General Packet Radio Service) es la fase 2 del servicio portador de GSM que provee transmisiones inalámbricas de datos a usuarios móviles. Este es uno de los pasos hacia GSM de tercera generación. El principal rasgo es que mantiene los recursos del radio. Únicamente los utiliza cuando existe la necesidad y son compartidos por todos los usuarios de la estación MSS, en una celda. Por consiguiente, como es el caso de todas las transmisiones de datos, la aplicación eficiente de los recursos se refleja en las aplicaciones de datos. Pueden soportar velocidades sobre 115Kb/s.

El principal objetivo de GPRS es ofrecer una interfaz entre los sistemas móviles y las redes normalizadas para los datos (como TCP/IP, X.25, y CLNP). Esta interfaz puede ser incorporada sobre la arquitectura de la red GSM diseñada originalmente para circuit-switched integrated services. Para este propósito GPRS introduce un nuevo elemento

funcional que modifica las funciones de dirección de la arquitectura general de GSM. Todavía existe un poco de cooperación entre los elementos de los servicios de GSM normales y GPRS. En comparación con CDPD, es importante notar que GPRS suministra una capa de datos sobre la estructura de GSM (sin adición de nuevos elementos funcionales), mientras que CDPD provee un soporte para datos pero con una estructura totalmente separada de la infraestructura.

3.4.4.1. Descripción del sistema

GPRS permite enviar y recibir datos en modo de transferencia end-to-end, sin usar los recursos de la red en el modo Circuit-Switched. Esto permite una operación autónoma del GPRS y mejora las características de tráfico. El enrutamiento y transferencia de datos sobre la red pública (PLMN) son soportadas por un nodo lógico llamado GPRS Support Node (GSN), que es básicamente el enrutador de los paquetes, con medidas adicionales para dirección de los móviles y que conecta a varias redes normalizadas. El nodo GSN actúa como una Physical External Interface Packet Data Networks (PDNs) y es llamado como un enrutador GSN (GGSN). Cuando el nodo GSN se conecta con una Estación Base de Control (BSC) y direcciona la data hacia el MSs, es llamado servidor.

Cada SGSN es responsable de la administración de paquetes en el área de servicios del MS. El procedimiento general para enrutamiento es el mostrado en la figura 12. En el caso donde un móvil origina tráfico para un Host fijo el SGSN encapsula los paquetes de datos y los enruta hacia el GGSN apropiado, donde son enviados a la correspondiente PSDN. Las políticas específicas de enrutamiento son aplicados dentro del PSDN que envía los paquetes al Host correspondiente. Por otro lado, los paquetes que vienen de un Host correspondiente son enrutados primeramente a través del GGSN al PSDN, basado sobre la dirección de destino. El GGSN chequea el contexto asociado al enrutamiento con la dirección de destino y determina la dirección del SGSN y el MS al que será direccionado el servicio. Subsecuentemente, el paquete de datos originales es encapsulado dentro de otro paquete (este proceso es llamado "Tunneling"), el cual es a su vez enviado al SGSN y finalmente entregado al MS que corresponde. La red backbone es una red privada IP. El direccionamiento IP utilizado en el backbone es seleccionado por el operador GPRS y ellos no son conocidos fuera del PLMN. El enrutamiento entre el GPRS y el terminal móvil es usualmente acomodado a través de la red de datos PLMN como se ilustra en la figura 12.

Dentro del GPRS son usados dos esquemas diferentes de encapsulamiento. Primero, todos los paquetes son encapsulados entre el GSN por medio del GPRS Tunneling Protocol (GTP) ordenando la habilitación para el uso de diferentes protocolos de datos, siempre que estos protocolos no sean soportados por todos los SGSNs. Segundo, el encapsulamiento entre el MS y el SGSN actúa como desacoplador del enlace lógico para el protocolo de la capa de red.

3.4.4.2. *Arquitectura del protocolo*

El servicio GPRS está basado sobre una arquitectura de capas mostrada en la figura 13.a. La primera capa del protocolo puede ser un número de red con que es tratado un prospecto de usuario para el servicio GPRS. El protocolo convergente dependiente de la sub-red SNDCP provee una capa multiplexada que ayuda a la transmisión de múltiples capas de mensajes de red por un enlace simple de conexión lógica. Además el SNDCP incluye encriptamiento, segmentación y facilidades de compresión. Estas funciones del SNDCP son muy similares a las del CDPD.

La Capa de Control del Enlace Lógico (LLC), es un punto de la capa SNDCP que provee el enlace entre el MS y el SGSN. La funcionalidad del protocolo está basada sobre LAPD, que es usada en la señalización GSM, pero que además soporta otras medidas adicionales como, por ejemplo, transmisión punto a multipunto. Este protocolo de control de enlace es a veces llamado procedimiento de acceso a enlace sobre el canal G (LAPG).

El Control de Radio Enlace/Control de Acceso Medio (RLC/MAC) arbitra el acceso a las capas para compartir el medio entre el MS y la red, y también suministra un enlace disponible entre un MS y una estación base. Esto es válido notando que el RLC es específico para la tecnología de radio utilizada en la interfaz inalámbrica, donde el LLC es independiente de las características de la interfaz inalámbrica. El protocolo de unidad de datos segmenta las capas del LLC en una o más tramas RLC, que son las cercanas a la capa MAC. Cada trama MAC es traducida en cuatro bloques de longitud fija que, después del bit de intervalo, son transmitidas sobre cuatro tramas TDMA consecutivas (usando las divisiones de tiempo en cada trama.) A parte de la eficiencia del multiplexeo de datos e información de señalización, la funcionabilidad de las capas RLC/MAC incluyen contención, resolución, control, trameo y manejo de error.

El protocolo MAC para interfaz de radio GPRS es en esencia una reservación del protocolo ALOHA y opera entre el MS y el BTS (Base Station Transceiver).

Antes de que un MS sea capaz de usar el servicio de GPRS, debe tener este funcionamiento. Efectivamente, esto corresponde a establecer un enlace lógico con el MS y el servidor GSN. Como resultado, es asignado al MS un identificador temporal de enlace (TLLI).

Un enlace lógico puede arreglar más de un flujo aplicando las facilidades de multiplexeo facilitadas por la capa SNDCP. El seguimiento al MSs dentro del área de servicio de un SGSN esta dado por los recursos reservados al GPRS, por vías separadas del enlace. Cada enlace tiene un único TLLI. Adicionalmente, dentro de cada enlace, son multiplexados un número de flujos diferentes con adición del protocolo SNDCP

Después del enganche, pueden ser negociados con el SGSN tanto las rutas como el protocolos de red.

Para verificar que un MS dado tiene permitido utilizar el protocolo de red, le es solicitado el registro de localización (HLR Home Location Register).

Entre otras cosas, el perfil de suscripción se basa en que el HLR incluye la dirección de su pareja GGSN. Si el acceso es permitido, el GGSN requiere la actualización de enrutamiento (por ejemplo, la dirección del servidor SGSN y la información tunneling) acordado. Esta información es utilizada como soporte para el proceso de enrutamiento en un ambiente móvil.

Durante la sesión del GPRS, se rastrea la ubicación del MS. Cuando se encuentra en el modo *listo*, el MS informa al SGSN acerca del cambio de celda. Sin embargo, cuando se encuentra en el modo *standby* (ej. Cuando está esperando una TX o Rx) el MS solicita actualizar la localización sobre el cambio de área del enrutamiento. El enrutamiento de área consiste en la definición de un grupo de celdas por parte del operador. Si un RA es actualizado y es cambiado a un nuevo RA entonces será cambiado también a un nuevo SGSN, entonces el nuevo SGSN le preguntará al viejo la dirección de envío al MS del móvil.

3.4.4.3. Acceso al canal

Cuando el operador de red decide ofrecer los servicios GPRS dentro de una celda, varios canales físicos de los canales disponibles son dedicados para transferir en el modo de datos.

Cada uno de estos es llamado Canales para Paquetes de Datos (PDCHs) y son distribuidos dentro de una ranura de tiempo física. En este orden para soportar una adaptación flexible a los diferentes requerimientos de tráfico, los PDCH son ubicados en base a la demanda.

Antes de la transmisión de datos, un MS inicia un requerimiento de acceso aleatorio, que es, enviando requerimientos cortos sobre un canal ascendente de control, llamado Acceso Aleatorio de Datos al Canal (PRACH). Junto con el requerimiento de acceso, el MS indica el número de ranuras GPRS requeridas para la transacción esperada. El requerimiento de acceso es manejado por el GBSC, que provee la función de dirección de los recursos de radio. En una recepción correcta del requerimiento de acceso, un canal de control descendente (la concesión de acceso de datos al canal) es utilizada para identificar la ranura y el cronometrado (26-28,30). Si un MS no recibe la respuesta para un acceso requerido, se produce una retransmisión que tiene lugar después de haber agotado un número de esfuerzos de accesos aleatorios.

Después la transmisión es completada en la ranura de tiempo reservado, el BTS reconoce el estado de recepción del bloque transmitido. Este envía o niega (ACK o NACK) para especificar el bloque erróneo o un ACK positivo para especificarlo no erróneo. Un mensaje NACK lista los bloques erróneos que deben ser retransmitidos y también incluye una reservación del canal apropiado para la retransmisión que tendrá lugar con un mínimo de retardo. Si, después de la transmisión de datos, el MS no recibe un ACK dentro de un cierto período de tiempo, se inicia un procedimiento para recuperación de los datos intentando un nuevo acceso aleatorio.

3.4.5. Celular Digital Packet Data (CDPD)

CDPD es una tecnología que permite subordinar las operaciones de datos sobre el espectro del servicio telefónico AMPS. Se inicio usando los canales libres para enviar mensajes cortos y establecer un servicio de packet-switch, CDPD implementó el procedimiento de salto en las frecuencias celulares disponibles. La interfaz aérea opera a bajas velocidades y cuenta con detección de errores para compensar la interferencia y el desvanecimiento de los canales celulares.

3.4.5.1. Descripción del sistema

Los elementos principales de una red CDPD son los sistemas finales (ESs) e intermedios (ISs), como se muestra en la figura

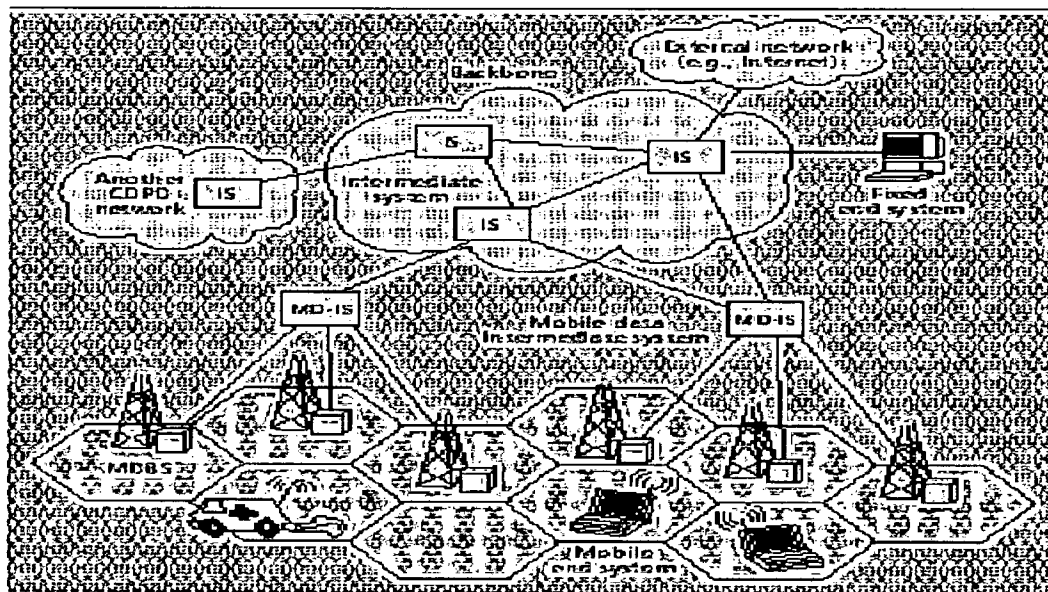


fig 3.2 Dispositivos suscriptores en la red CDPD

El ESs representa el terminal físico y lógico del nodo que intercambia información, mientras el ISS representa la infraestructura CDPD de grabado, envío y enrutamiento de la información.

Hay dos tipos de ESs: El mobile end system (M-ES) que son los dispositivos usados por el suscriptor para acceder a la red CDPD sobre una interfaz aérea, y el Fixed end system (F-ES), que son los comunes host, servidores o gateway que suministran aplicaciones de soporte y acceso a los datos.

Hay dos tipos de ISs por otro lado,: un IS "genérico" , que simplemente es un enrutador (IP) que no tiene conocimiento de CDPD y/o de emisores móviles y un sistema intermedio de datos (MD-IS), que es especial para enrutar mensajes en el IS basado en el conocimiento de la ubicación de los usuarios (M-ES). Más específicamente, es un conjunto de componentes de hardware y software que suministran la conmutación, registro, autenticación, encriptamiento y las funciones de control del móvil. El software de CDPD sigue el modelo IP-móvil, establecido por el Internet Engineering Task Force (IETF).

Además del ES y el IS, se encuentra también el mobile data base station (MDBS) que es una especie de combinación de una computadora, un amplificador de potencia y un radio transceiver. No realiza ninguna gestión de redes pero funciona como la capa de enlace que; transmite, envía y recibe la información del M-ESs y la regresa al MD-ES. También controla la interfaz de la radio y maneja las comunicaciones, y supervisa la actividad de voz en la red (garantizando que datos y voz no interfieran entre sí). El MDBS crea un enlace aéreo comprendiendo dos canales de comunicaciones RF para envío y retorno con múltiples M-ESs.

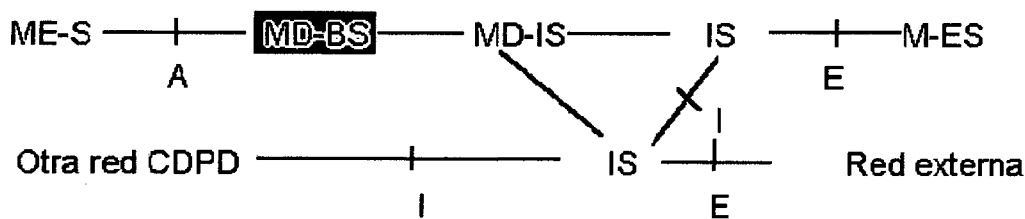


Fig 3.3 Uso de las interfaces normalizadas en la red de CDPD.

Los M-ESs se conectan a la red de CDPD a través de la A-interface (la interfaz aérea), mientras los F-ESs se conectan a través de la E-interface. La E-interface también se usa para interconectar con las redes externas. Finalmente, la I-interface se usa en el backbone, entre el varios ISs, y a los puntos de la interconexión con otras redes de CDPD.

El backbone CDPD proporciona los servicios de transporte sin conexión, también llamado servicios "datagrama". Esto significa que la red dirige los paquetes individualmente, basado en la dirección del destino del paquete y en el conocimiento de la topología de la red. Para la asignación de ruta de paquetes, CDPD se apoya en dos protocolos, el Protocolo de Internet (IP) y el Connectionless Network Protocol (CLNP) que es un protocolo OSI normal.

3.4.5.2. *Arquitectura del protocolo*

La arquitectura protocolar de la interfaz aérea de CDPD se ilustra en Fig. 3.4. La capa física (PHY) en CDPD corresponde a una entidad funcional que acepta una serie de bits de la capa Medium Access Control (MAC) y los transforma en una forma de onda modulada para la transmisión hacia un 30 kHz en un canal de RF. Como ilustra la Fig. 3.4, la

comunicación entre un MDBS y un M-ES tiene lugar sobre de un par de tales canales de RF (teniendo una separación fija de frecuencia).

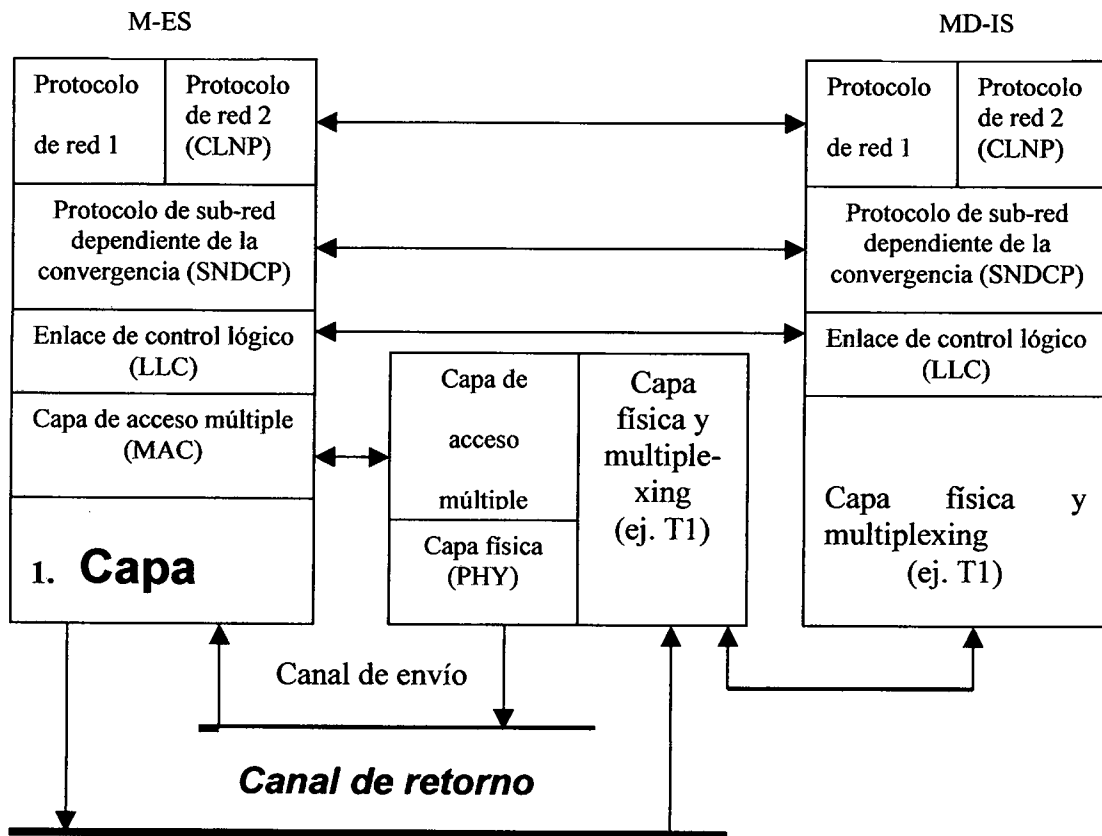


Fig 3.4 Arquitectura del protocolo de la interfaz aérea CPDP

El primer canal, llamado canal de envío, acomoda las transmisiones en dirección del MDBS al M-ESs y/o compartiendo la red de voz. En todo caso, la transmisión en el canal de envío es continuo. El segundo canal, llamado canal de retorno, acomoda las transmisiones en la dirección del M-ESs al MDBS y es compartido entre todos los M-ESs que se comunican con el mismo MDBS. Un par de canales asociados envío y retorno forman el flujo de CDPD.

Las interfaces PHY con otra entidad, el radio resource management entity (RRME). A través de esta interfaz de mando el RRME puede:

- Ajustar la capa física para un par de canales RF específicos.
- Verifica el nivel de potencia de transmisión deseado.

- Mide el nivel señalado recibido de un canal de RF y estima si está fuera del nivel deseado.
- Suspende y reduce las operaciones de la capa física en casos donde se requieren ahorros de potencia.

La modulación empleada en un canal RF es Gaussians Modulated Shift Key GMSK con $BT = 0.5$. Una frecuencia mayor que la frecuencia central de la portadora representa un 1 lógico, mientras que el 0 lógico es representado por una frecuencia menor que la frecuencia central de la portadora.

La velocidad de la modulación máxima en ambos canales de RF, envío y retorno es 19.2 kb/s.

La función de la capa del modelo MAC opera lógicamente entre las capas PHY y LLC. La capa de MAC dentro de un M-ES coopera con la capa de MAC correspondiente dentro del MDDBS. El propósito de esta capa es llevar la información, a saber, link protocols data units (LPDUs), entre el par de LLC a través de la interfaz aérea de CDPD.

en FIGURA 3.4. La arquitectura protocolar de CDPD la interfase aérea.

Para este propósito, la capa de MAC proporciona los servicios siguientes:

Encapsula LPDUs en las estructuras de trama dando transparencia, garantizando, delimitando y sincronizándolos.

Codifica LPDUs para proporcionar protección de error contra los deterioros del canal.

Detecta y corrige los bit de errores dentro de la trama recibida.

Arbitra el acceso al canal de retorno compartido.

Sincroniza las transmisiones del canal de envío al igual que transmite la información de control a cada celda CDPD.

El propósito de la capa de LLC es llevar la información de la capa de red por la interfaz aérea. El protocolo aplicado en esta capa se llama el Mobile Data Link Protocol (MDLP).

Como se ilustra la en Fig. 3.4, el MDLP en una comunicación de un par de M-ES está ubicado en el servicio MD-IS. Ahora, se ve que la funcionalidad de un MDDBS se restringe dentro de las capas físicas de MAC.

Sobre la capa de MAC, un MDDBS es completamente transparente.

El servicio primario ofrecido por el MDLP a la capa superior (SNDLCP) es el suministro y control de uno o más conexiones lógicas de enlace (un canal CDPD para flujo). Sobre la

capa de LLC, estas conexiones son tratadas en canales independientes que pueden usarse para llevar los mensajes de un lado a otro entre un MD-ES y otro o más M-ESs. Dentro de cada enlace de datos, se pueden acomodar los flujos de una ó mas redes, a través de medios proporcionados por el SNDTCP. La discriminación entre data link connections es hecha por medio de una etiqueta de dirección contenida en cada mensaje (frame). Esta etiqueta de dirección se llama el identificador del equipo temporal (TEI) y es una capa conceptual LLC, es decir, se usa internamente por la capa de LLC y necesariamente no se conoce por otras capas funcionales.

Funcionalmente, el Subnetwork Dependent Convergence Protocol (SNDTCP) está entre el data link layer y el network layer. El último se asume que es una sub-red independiente, es decir, se construye para trabajar virtualmente sobre cualquier enlace de datos y, por consiguiente, no considera los rasgos específicos del MDLP. Por esta razón, los servicios asumidos por el protocolo(s) de la red no puede seguir directamente en los servicios proporcionados por MDLP. En este caso, el SNDTCP se opera para proporcionar la cooperación requerida.

Más específicamente, el SNDTCP proporciona las funciones siguientes:

3.4.5.3. La segmentación:

Network protocol data units (NPDUs) divide y reagrupa según se necesite para ser acomodado dentro de la longitud limitada de datos de la trama. Con esta segmentación, el tamaño máximo de un NPDU puede ser 2048 bytes, mientras el tamaño máximo de datos soportados por el usuario MDLP es considerablemente menor (el valor predefinido es 130 bytes).

3.4.5.4. Encriptamiento:

Para proporcionar la confidencialidad de los datos del usuario sobre la interfaz aérea del CDPD los NPDUs son los encriptados después de ser segmentados. Se obtienen las llaves confidenciales usadas para encriptar y desencriptar por medio de una entidad de dirección de seguridad (SME) que opera encima de SNDTCP como una entidad de capa de red.

3.4.5.5. Multiplexing:

El SNDTCP mantiene los medios el multiplexing para varios flujos de tráfico de capa de red dentro del mismo enlace de datos. (Note que esta facilidad no es proporcionada por el

MDLP.) Esto hace factible la utilización simultánea de varias entidades de la capa de red encima del SNDCP.

Por ejemplo, como ilustrado en Fig. 3.4, dos (o más) protocolos de la red pueden el operar simultáneamente encima de SNDCP.

Cada uno se diferencia por su propio identificador protocolar (NLPI).

3.4.5.6. La compresión de la cabecera:

El SNDCP comprime y recupera la información redundante de control de red para aumentar la eficiencia del enlace.

3.4.5.7. La compresión de datos:

Al aumento extenso de los datos se unen la actuación, la porción de datos del NPDUs se comprimen según las especificaciones ITU-T V.42 (como en los módems V.34-compliant).

3.4.5.8. La calidad de servicio:

El SNDCP, proporciona dos modos de transporte de datos:

El modo **reconocido** que transfiere los datos del NPDUs dentro de los datos de los procedimientos de control, y el modo del **desconocido** que transfiere NPDUs fuera de los datos de control del enlace. El modo de servicio de transporte utilizado depende de la calidad de parámetro de servicio solicitado por la capa de la red.

3.4.5.9. Salto de canal:

Desde que CDPD se agregó al sistema de la voz después el último ya era operacional, su diseño estaba sujeto al constreñimiento que ningún cambio debe ser necesario al sistema de la voz existente. Por esta razón, CDPD fue diseñado para ser completamente transparente al sistema de la voz subyacente.

Por consiguiente, cuando el sistema de la voz selecciona un nuevo canal para la transmisión de la voz, no es consciente de la existencia de CDPD y puede seleccionar para usar el canal usado por CDPD actualmente. Para evitar las colisiones en muchos casos, las transmisiones CDPD deben apropiarse del canal empleándolo lo más pronto posible o saltar a otro canal disponible.

CDPD supervisa la señal transmitida del sistema de la voz subyacente detectando de la potencia con que entra en su antena. En cuanto detecta un incremento de la potencia

(Rampup) indica la iniciación de tráfico de voz en el canal, entonces brinca y empieza el procedimiento.

Primero, el MDDBS envía una señal especial que cierra el canal de descenso. Esto debe lograrse dentro de 40 ms ya que después de la señal ramp-up, se inicia una transmisión de voz. Mientras se cierra el canal de CDPD, el MDDBS también puede avisar de un nuevo canal, donde brincará (sí ya es conocido). Después, el MDDBS encuentra un nuevo canal de la voz ocioso y comienza a transmitir una señal de identificación en este canal. En el caso dónde el canal de CDPD fue cerrado sin anunciar un nuevo número de canal, las estaciones terminales móviles deben cazar alrededor entre un conjunto de canales potenciales designados para encontrar uno nuevo.

De esta manera, CDPD puede ocupar alguna capacidad ociosa en una celda, sin interferir con el sistema de la voz. Sin embargo, nada en el diseño impide que sean dedicados canales para de CDPD.

3.4.5.10. El acceso del canal

Como se dijo anteriormente, todos los M-ESs se comunican con el mismo MDDBS (es decir, aquellos que están en la misma celda) en la porción común del canal de transmisión, llamado "canal de retorno". Por otro lado, el MDDBS usa el "canal de envío" para transmitir la información al M-ESs. El canal de retorno y el de avance tienen frecuencias distintas y pueden usar simultáneamente.

Un M-ES puede acceder el canal de retorno usando un algoritmo nonpersistent slotted digital sense multiple access with collision detection (DSMA/CD). Este algoritmo es similar al Collision Sense Multiple Access con Collision Detect (CSMA/CD) utilizado en Ethernet. Sin embargo, en CDPD, debido a que el M-ESs no puede determinar el estado del canal de retorno directamente, porque ellos emplean bandas de frecuencia diferentes para recepción y transmisión), aplica un esquema de detección de colisión diferente.

El DSMA/CD utiliza un algoritmo que hace uso de la bandera busy/idle (Ocupado/libre) y decodifica la bandera de estado que se transmite periódicamente en el canal de avance. La bandera del busy/idle es una sucesión 5-bit que se transmite en cada trama de 60 bits, es decir, una vez cada período de 1microslot periodo. Esta bandera proporciona la información binaria periódica en cada microslots que indica si el canal de retorno está ocupado u ocioso. Por otro lado, el descifrado del estado de la bandera es una sucesión de 5-bit que indica si el

MDBS ha descifrado con éxito o no previamente un bloque del datos transmitido por un M-ES.

Un M-ES que desea transmitir primero detecta la bandera del busy/idle (realmente, una versión localmente guardada de él que se actualiza cada vez con cada periodo del microslot). Si el canal de retorno se encuentra ocupado, el M-ES difiere al azar para un número de microslots y entonces repite el proceso de detección verificando la bandera del busy/idle. Porque el M-ES no persiste detectando la bandera busy/idle continuamente, el esquema de acceso es llamado no-persistente. Una vez el canal de retorno se encuentra inactivo, el M-ES puede comenzar la transmisión. La transmisión sólo puede comenzarse en el límite del microslot por qué el esquema de acceso al final del slots. En cuanto el MDBS detecta el inicio de la transmisión en el canal de retorno, pone que los busy/idle que marcan el canal para prevenir las transmisiones extensas.

Después que un M-ES gana el acceso al canal de retorno, transmite su datos como una sucesión de bloques de longitud fija.

Como se mencionó antes, el descifre la bandera de estado proporciona "en tiempo real" la información con respecto a la recepción exitosa de estos bloques. El M-ES verifica esta bandera y continúa la transmisión si el MDBS no ha encontrado ningún error de decodificación. En el caso opuesto, cesa la transmisión y los esfuerzos por recobrar el acceso al canal de retorno, después de un retraso de retransmisión de backoff exponencial apropiado. Este retraso se aumenta exponencialmente por un factor de dos en cada intento de retransmisión subsecuente, de ahí el nombre de backoff exponencial.

3.4.5.11. Sistema de Administración y Soporte de la Red (NASS)

NASS: Es un servicio de soporte del MDIS que provee las funciones de autenticación, contabilidad y mantenimiento de los clientes.

3.4.5.12. Interconexión de Redes Internet e Intranet

La función principal de la red es permitir la interconexión de los sistemas centrales con las estaciones automatizadas. Para lograr esta facilidad es necesario interconectar estas redes con la red CDPD. La red CDPD en nuestro país soporta en los actuales momentos la capacidad de interconectarse a través de:

Frame Relay de CANTV

Enlaces Punto-Punto

Internet

La selección de la conectividad depende de múltiples consideraciones, tales como: Costo mensual, ancho de banda requerido, privacidad y reutilización de facilidades existentes.

3.4.5.13. Contención del canal

Debido a que CDPD se basa en el concepto de canales compartidos es importante que la interfaz de aire soporte un acceso justo y equitativo a todos los usuarios. La contención de canal, es la capacidad de controlar el acceso de los móviles a los canales de radio. Los protocolos son diseñados para que ningún usuario pueda dominar los recursos de la red.

3.4.5.14. Redundancia

Todos los componentes del MDIS poseen redundancia 1 a 1 ó 1 a N ó están diseñados para compartir cargas, en caso de que algún componente falle otro asume sus funciones.

3.4.5.15. Integridad de los Datos

Para asistir en el envío confiable, la interfaz aérea de CDPD utiliza un mecanismo de corrección de errores y de detección basada en el código de bloques Red Salomón. Este sistema de codificación (63,47) permite que cada bloque de datos de 47 símbolos, 16 símbolos de paridad son agregados para un total de 63 símbolos transmitidos. Estos símbolos redundantes son usados para detectar errores y cuando es posible corregir. El esquema de bloque (63,47) es capaz de corregir hasta 8 bits de error en un bloque de 282 bits. La utilización del código Red Salomón elimina virtualmente la oportunidad de que un bloque pase con errores no detectados.

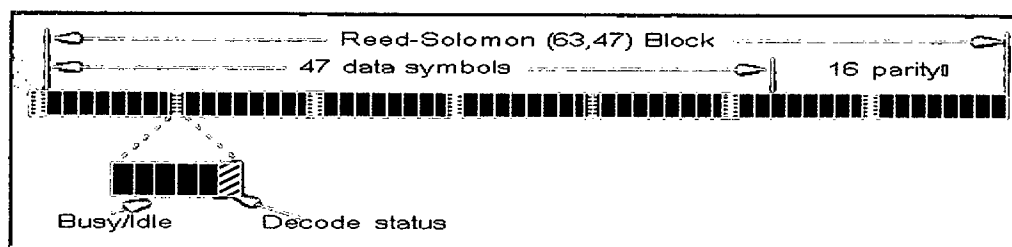


Fig 3.5 Código de corrección de errores Reed-Solomon.

3.4.6. Implementación

Aunque el objetivo del presente trabajo incluía solo el estudio del sistema y el diseño, se solicitó a la compañía proveedora de este servicio, el equipo para su evaluación, quienes accedieron amablemente a prestar los equipos y personal necesario. De esta manera se pudo observar con mayor detenimiento las bondades del servicio y realizar una clara comparación con el acceso por cable.

3.4.7. Equipo necesario

Para establecer la comunicación con una base de datos existente a través del sistema es necesario utilizar modems CDPD a los cuales se les asigna una dirección IP específica y única. Esta asignación es guardada en la base de datos del MBDS. En nuestro caso es necesario el uso de un módem por EMA y otro para el centro de recepción de los datos. En el caso de tener más de una estación, se puede acceder a cada una de ellas con el mismo módem del centro de recepción, ya que al configurar los modems estos se pueden restringir su acceso según sus direcciones IP, lo que incrementa la seguridad ya que otros modems que no estén configurados en la red no les está autorizado el acceso. En otras palabras se conforma una especie de red LAN con acceso restringido, en el cual solo compartirán los accesos a los modems que estén suscritos en la red, así que no es posible ingresar a la red virtual así tenga el servicio CDPD a menos que este autorizado. Este sistema de seguridad se puede incrementar hasta llegar a niveles donde los proveedores del servicio CDPD no puedan ingresar en dicha red. Este sistema esta siendo actualmente utilizado por entidades bancarias.

3.4.8. Funcionamiento:

Al ser encendido el módem este hace la solicitud de servicio a la celda más cercana inicia, registro y transferencia de datos, bajo la secuencia correspondiente (ver tabla):

La siguiente tabla muestra una secuencia típica del M-ES señal a señal.

M-ES	MD-IS	Description
ID request		The M-ES requests the MD-IS to assign it a TEI
	ID assign	The MD-IS assigns the M-ES a TEI
SABME		The M-ES requests multiple-frame operation
UA		The MD-IS informs the M-ES that the link is now in multiple-frame operation
	IKE	The MD-IS initiates a key exchange

EKE		The M-ES completes its half of the key exchange
ESH		The M-ES initiates the authentication sequence
	ISC	The MD-IS verifies the M-ES's authentication Parameters
Sign on is complete. The Cell Wizard can now do loopback tests and Pings The following rows show the sign-off sequence.		
signing Off		The M-ES informs the network side that it is signing Off
	DISC	The MD-IS confirms with a DISC (disconnect)
UA		The M-ES acknowledges with a UA

Tabla 3.2 Secuencia de conexión del modem CDPD

3.4.9. Configuración del datalogger.

Ya que el estándar de la comunicación por el puerto RS-232 del DACS se programó para comunicarse con un PC, esta se efectúa más rápidamente que a través de la red CDPD motivado al funcionamiento propio de la misma. Por ello cuando se efectuó la conexión por primera vez se encontró que era reconocido el equipo (DACS) pero por el tiempo de espera tan largo para las instrucciones este era interrumpido y el PC Logger indicaba falla de comunicación. Al incluir una espera más prolongada en el DACS para las instrucciones este funcionó adecuadamente. (anexo modem.cfg)

En vista de que el módem del DACS ameritaba los comandos del RS-232 y el DACS no cuenta con el RTS fue necesario realizar un puente para asignar la señal de detección de portadora (CD) a requerimiento para envío (RTS)

LEDS indicadores del panel frontal

LED	Description
Chan	The unit has acquired a valid CDPD channel
Link	A link has been established and a TEI has been assigned
Reg	The unit is registered on the CDPD network
RSSI	Flash patterns identify different RSSI levels in dBm: -69 and up
Solid ON	-79 to -70 300 ms (fast blink)
	-89 to -80 600 ms (medium blink)
	-99 to -90 1200 ms (slow blink)
	-113 to -100 Off
Tx	The unit is transmitting frames
Rx	The unit is receiving frames
ERR	Block errors on the forward or reverse channels
GPS	The unit has a GPS fix (<i>Pin Point only</i>)

ON

The unit is powered on

Tabla 3.3 Indicadores del status del módem

3.5. SISTEMA SATELITAL

Las redes satelitales se componen por una serie de estaciones terrenas (ej. DCP y DAC), conectadas entre sí por medio de satélites colocados en órbita espacial. El equipo instalado dentro de un satélite recibe las señales desde una estación terrestre, las amplifica y transmite hacia otra estación terrestre. Las ventajas de utilizar satélites de comunicaciones radican en que eluden las barreras naturales, permiten planear su uso a requerimientos reales, acortan los tiempos de instalación y complementan las redes terrestres para transmisiones internacionales posibilitando el cubrimiento total de la Tierra. Algunas desventajas en las transmisiones satelitales es que están sujetas a demoras de propagación, atenuación con lluvias intensas, nieve y manchas solares, que afectan a las estaciones terrestres.

Los satélites pueden ser ubicados a distintas distancias de la Tierra y a velocidades diferentes de la de rotación, lo que permite coberturas locales regionales y globales, siendo los más conocidos para la transmisión de datos los satélites LEO (Low Earth Orbit), y GEO (Geosynchronous Earth Orbit).

3.5.1. Satélites LEO.

Estos se ubican a una altitud entre 900 y 1.300Km con una velocidad distinta a la de la rotación de la Tierra. Su área de cobertura terrestre es de un radio de 5.500 Km, por lo que se amerita una gran cantidad de ellos con trayectorias diferentes para brindar coberturas locales, regionales y globales. Dadas sus características de diferencia de velocidad con respecto a la Tierra puede darse el caso de que existan instantes de tiempo donde no se encuentre ningún satélite de la constelación disponible en la bóveda celeste.

En nuestro país la compañía ORBCOMM ofrece estos servicios para transmisiones de baja velocidad (2400bps ascendente y 4800bps descendente) en la frecuencia de 130 a 150 MHz, esta transmisión se realiza a través de modems compactos de 5watt de potencia y modulación SDPSK (Symmetric Differential Phase Shift Keying). Adicionalmente, existen modelos de radio que permiten dos entradas analógicas o digitales y que poseen módulos programables en lenguaje C de 128Kbytes de ROM y 4Kbytes de RAM que pueden acceder en cualquier instante para transmitir los datos almacenados. La desventaja que

presenta dicho sistema es que la transmisión de datos desde la estación terrena es recibida en los centros de adquisición ubicados en E.E.U.U. y en Aruba para luego ser remitidos por correo electrónico hasta el usuario.

3.5.2. Satélites geoestacionarios.

Los satélites geoestacionarios se ubican sobre el plano del Ecuador a 36.000Km de la Tierra y el período de su órbita coincide con el de ésta, de ahí su nombre de estacionario ya que desde la Tierra siempre se le observa en la misma posición. Los satélites geoestacionarios se utilizan para múltiples aplicaciones: comunicaciones, militares, meteorológicas. En los satélites meteorológicos se encuentran agrupaciones de ellos que conforman un sistema integral para estudios de ésta índole, ej. Los satélites Meteosat para dar cobertura a Europa y los satélites GOES para América, Atlántico y Pacífico. Estos últimos en particular son dedicados para estudios con fines meteorológicos financiados por distintas organizaciones, prestando además el servicio de recolección y distribución de datos en forma GRATUITA, razón para considerarlo el más rentable desde el punto de vista económico.

3.5.3. GOES (Geostacionary Operational Environmental Satellite)

Los satélites GOES se encuentran a 35.790Km sobre el ecuador en las longitudes 75° Este y 135° Oeste. Estos poseen una infraestructura terrestre para darle soporte al sistema integral recopilando los datos correspondientes a los distintos sistemas de información dentro de los cuales se encuentran la plataforma de colección de datos y procesándolos para llevarlo a los formatos requeridos para los estudios ambientales.

El sub-sistema espacial de comunicaciones se encarga del condicionamiento, transmisión, recepción y enrutamiento de las señales de telemetría y misiones para el GOES. Estos están agrupados en seis grupos con que tienen una variedad de funciones:

- Sensor de Datos (SD) y Enlace de Datos Multiuso (MDL).
- Transponder de Interrogación de la Plataforma Colectora de Datos (DCPI).
- Transponder de Reporte de la Plataforma Colectora de Datos (DCPR).
- Processed Data Relay (PDR) and transponders.
- Weather Facsimile (WEFAX) transmission.
- Search and Rescue (SAR) transponder.

Cuatro antenas, cada una da cobertura completa en el ancho del haz, son usadas para las comunicaciones con el segmento terrestre:

- Antena receptora en banda S: recibe las señales de DCPI, PDR y WEFAX en el enlace ascendente.
- Arreglo de antenas en banda S: transmite en las señales SD, MDL, DCPR y PDR.
- Cavidad dipolo UHF: recibe las señales DCPR y SAR, transmite la señal DCPI.
- L-Band helix: transmite las señales descendentes de SAR.

La flexibilidad y los múltiples servicios que suministra el satélite GOES se ilustran por las interfaces de comunicaciones entre el satélite y la tierra. La principal interfaz del satélite es la estación de control y recepción de datos.

La plataforma de colección de datos, DCP (Data Collection Platform) está comprendida por todas las estaciones que cuentan con este servicio y que transmiten de acuerdo a los principios de operación del GOES, de esta forma todas las estaciones meteorológicas automáticas deben cumplir con los siguientes principios:

3.5.3.1. Principio de operación del satélite para la adquisición de los datos.

Cada EMA se encarga de almacenar los datos a transmitir y debe contar con el equipo necesario para establecer la comunicación. Para ello debe cumplir con ciertos requisitos que dependen de la configuración establecida para la comunicación. En el caso de ser temporizado el acceso al satélite, el cronómetro del SAD no debe tener una desviación superior a 30seg por año y para el caso de interrogado el SAD y su radio deben contar con los dispositivos necesarios para identificar dichos comandos del satélite y procesarlos.

El esquema de transmisión de los datos se basa en la siguiente secuencia:

La EMA debe preparar el paquete de datos incluyendo la identificación de la estación y los datos de sus mediciones en el formato diseñado para ello por NESDIS.

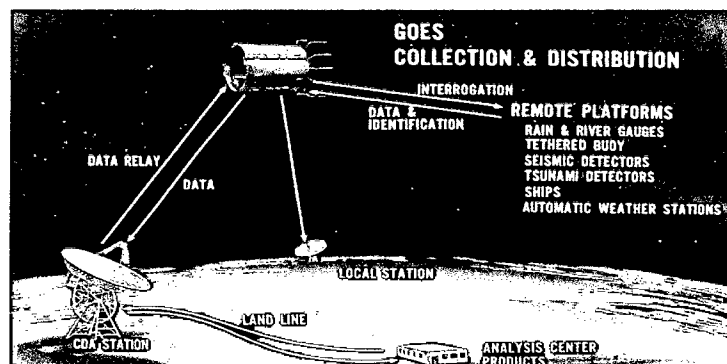


Fig Esquema de comunicación del sistema GOES

Al establecerse la comunicación con el satélite, los datos son transmitidos hacia este, el cual se encarga de retransmitirlos al centro de adquisición de datos (DCA) que los procesa y almacena.

Luego el DCA los envía a NESDIS por enlaces dedicados y redundantes, donde se incorporan a la base de datos para su acceso y/o envío.

Cada usuario puede acceder a los datos de la plataforma colectora (DCP) a través del servidor dedicado para este uso o le pueden ser remitidos a su correo electrónico, previa solicitud.

Otra de las formas de obtener los datos de la DCP, es contar con una estación terrena para la recepción y efectuar el procesamiento necesario.

3.5.3.2. Esquemas de comunicación.(Como se constituye la red)

El sistema está constituido por la red de estaciones, el satélite y el centro de recepción de datos. La red de estaciones suscritas al sistema GOES se denomina Plataforma Colectora de Datos (DCP) y está conformada por todas las estaciones climatológicas terrestres que se encargan de recopilar la información necesaria y transmitirla bajo los requerimientos del sistema.

Existen dos esquemas de comunicación de datos suministrados por NOAA-NESS:

- El primero se denomina *interrogado*, en el cual, la transmisión de un determinado dato en cualquier estación remota, se efectúa como respuesta de una señal emitida por el Command and Data Acquisition, CDA, al comando interrogado.
- El segundo esquema es el *autocronometrado*, que consiste en un sistema sincronizado en el transmisor remoto que controla la emisión de datos cada cierto tiempo

predeterminado. En ambos casos, las transmisiones sobre cada canal son controladas en forma tal de evitar que las transmisiones de las plataformas de adquisición de datos (DCP) de sitios remotos sean superpuestas.

- Un tercer esquema es el *aleatorio o randomizado* el cual está orientado específicamente a la colección de datos hidrometeorológicos. Ha sido probado por NED-COE conjuntamente con SUTRON CORPORATION. Viene a ser una variación del esquema automatizado, donde el tiempo, número y el contenido del mensaje transmitido son determinados por la actividad del parámetro medido. De este modo, parámetros de cambios rápidos tal como niveles limnimétricos o precipitación pueden iniciar la transmisión de los datos después de pocos minutos de haber ocurrido dichos eventos de importancia. De allí que, cuando el parámetro se mantiene constante, se genera una cantidad de información mucho menor. El sistema orienta la salida de los datos de acuerdo a los requerimientos particulares del usuario.

Los satélites GOES cuentan con 256 canales para la recopilación de los datos, de los cuales 38 están asignados para usuarios internacionales, en ellos se incluyen las EMA que estén afiliadas a dicho sistema. Junto con la totalidad de los datos, son recopilados los correspondientes a las boyas oceánicas, radiosondas y otros que componen la DCP. Una vez que llegan estos datos al satélite, son transmitidos a la estación de adquisición de datos y comandos, CDA, quien se encarga de remitirlos a su vez a NESDIS a través de un enlace dedicado y redundante, donde son almacenados y procesados. Finalmente se hacen asequibles a los suscritos en el sistema GOES.

3.5.4. Aplicabilidad del sistema GOES en Venezuela

Cualquier plataforma ubicada en la huella del satélite tiene acceso al sistema DCS, este tiene una amplia capacidad de manejo de transmisiones, por lo menos 10.000 por hora, con duraciones promedio de 30seg con acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA). Venezuela se encuentra dentro de la huella del satélite GOES 8, ubicado en 75° W, por lo que es plenamente viable para cualquier región del país.

Configuración básica

- La más elemental comprende:

- Transmisor UHF capaz de producir +50 dbm EIRP
- Interfaz del sensor de datos bajo formato preestablecido y en código ASCII

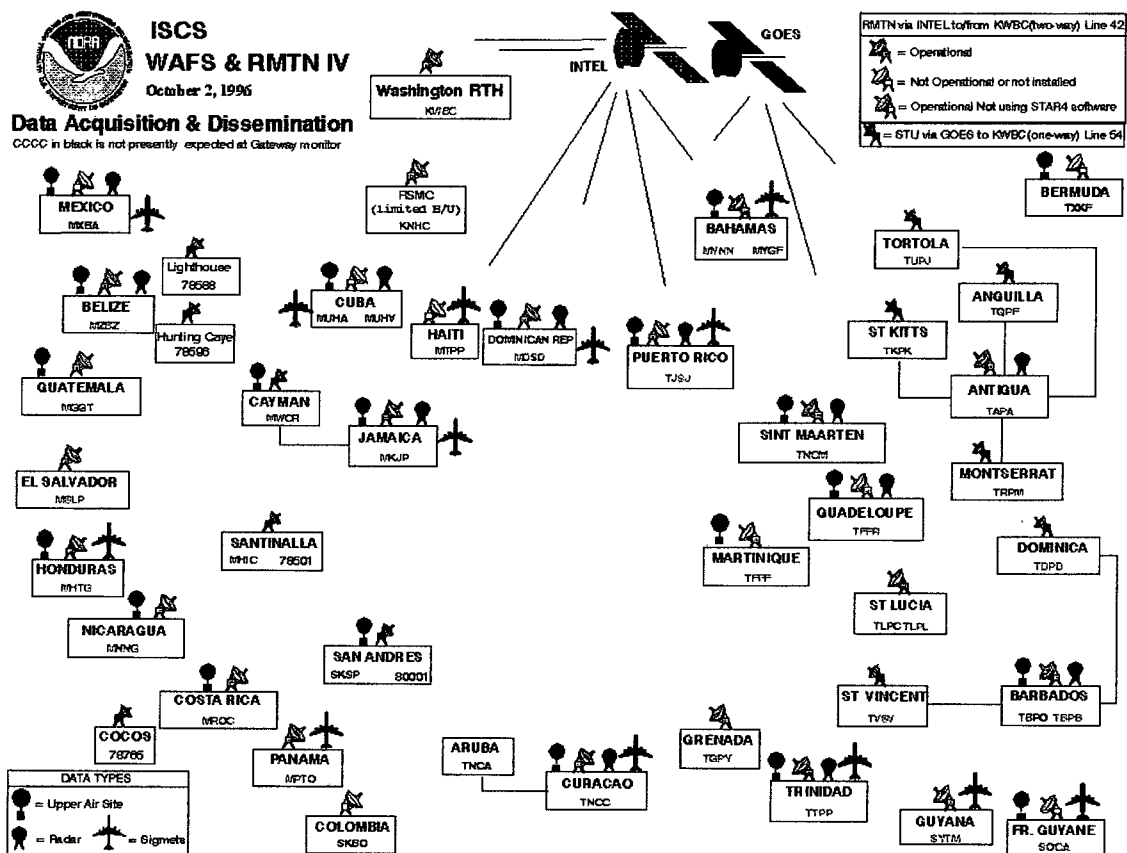


Fig.3.5 Algunos de los países que utilizan el sistema GOES

3.5.5. TRANSMISOR GOES

El transmisor admite emisiones autoprogramadas y modos dirigidos por eventos, tales como transmisión aleatoria y ajustable aleatoria con preámbulos largos y cortos y transmisión de datos pseudobinarios y ASCII. La única conexión externa del transmisor es la conexión a la antena en la caja.

El transmisor GOES debe tener una salida de potencia de 10 vatios, para alcanzar los requerimientos del receptor del satélite.

EL transmisor empleará un oscilador de cristal de temperatura compensada para controlar la frecuencia y su reloj interno. La estabilidad de la frecuencia debe ser mayor de +/- 0.5 ppm en lo que se refiere a la temperatura (de - 40o C a + 50o C) y de +/- 1 ppm en lo que se refiere al tiempo. El retraso de tiempo del reloj es menor de 15 segundos al año.

Cuando el transmisor GOES es instalado en el SAD, el reloj del SAD se sincronizará con el reloj GOES para conseguir que éste tenga una mayor precisión.

El módulo de radio satélite debe ser una radio completamente sintetizada capaz de captar virtualmente todos los canales en la banda de 401 Mhz, que pueda moverse en pasos de 500 Hz. Los datos transmitidos deben estar codificados en Manchester y modulados en bifase moviendo la fase relacionada con la señal portadora +/- 60 grados con respecto a la portadora (requisitos NESDIS).

El transmisor ha de poseer las siguientes características:

- Circuitería completamente digital que genere la modulación del transmisor, con el fin de proporcionar una modulación de la señal de transmisión hasta el satélite limpia y exacta a cualquier temperatura.
- Los sistemas de diagnóstico incorporados ayudan en el mantenimiento de la maquinaria. Los Indicadores del circuito de sincronización y los indicadores de potencia directa/ a prueba de averías ayudan al usuario a comprender el funcionamiento de la maquinaria.
- Diseño a prueba de averías no destructivo. En el circuito a prueba de averías no se emplearán elementos con fusibles, y la circuitería reinicializable proporciona todas las funciones necesarias a prueba de averías.
- La fuente del reloj es muy estable dentro de los niveles de temperatura esperados y en largos periodos de tiempo. Esto se traduce en una estabilidad de frecuencia extremadamente precisa, así como en una precisión en la hora marcada que se mantiene incluso después de que lleve varios años instalado en su localización.

Auto Prueba del Transmisor GOES

El transmisor GOES está dotado de rutinas de diagnóstico en el encendido que comprueban la RAM, el voltaje de la batería y el firmware. Esta autoprueba podrá ser

iniciada por un técnico a través del dispositivo de programación en el lugar de instalación del SAD.

En cada transmisión se comprobará el indicador del bucle de enganche de fase RF (PLL), el voltaje de suministro RF y el voltaje de la batería.

Especificaciones - Radio GOES

- Rango de Temperaturas:** - 40C a + 50C rango de funcionamiento certificado
- 55C a + 100C almacenamiento con las baterías quitadas
- Humedad Relativa:** Hasta un 100 por ciento sin condensación
- Frecuencia de salida:** GOES: 401.701000 a 401.998000 MHz en pasos de 1.5 kHz
Internacional: 402.002500 a 402.098500 MHz en pasos 3.0 KHz
- Estabilidad de la Frecuencia:** ± 0.5 ppm de temperatura
Envejecimiento ± 0.5 ppm por año
- Salidas parásitos:** (fc representa el desfase de la onda portadora)
> 25 dBc en ± 1125 Hz < fc $\leq \pm 2250$ Hz
> 35 dBc en ± 2250 Hz < fc $\leq \pm 4500$ Hz
> 60 dBc en ± 4500 Hz < fc
- Armónicos:** > 60 dBc
- Ruido de Fase:** < 3 grados RMS (2BL=20Hz)
- Salida de Alimentación:** 8.5 Vatios ± 0.5 dB (valor de fábrica)
- Modulación:** Bifase codificado en Manchester datos NRZ ± 60 .
- Formato/ritmo de datos:** Especificaciones NOAA/NESDIS
- Alimentación Necesaria:** 12.5V ± 2 V

Antena GOES

La antena GOES debe tener una estructura de radiación lineal (Yagi) Cruzada. Debe ser una antena de poco peso y para todas las condiciones meteorológicas, destinada para funcionar en una banda de frecuencias de 401 a 402 MHz.

El patrón de irradiación de la antena debe tener un diagrama direccional de radiación estrecho, con una anchura angular del haz de aproximadamente 45 grados medidos en los puntos de potencia media.

Impedancia de entrada debe ser de 50 ohmios, y el VSWR a lo largo de la banda de frecuencias operativas de la antena debe ser mejor que 1:5:1.

Ganancia de antena debe ser aproximadamente de 10 dB y estar diseñada para proporcionar los niveles óptimos de señales en el satélite GOES cuando se conecte a una estación transmisora de 10 watt del GOES.

3.6. ANALISIS DE LOS SISTEMAS

3.6.1. Restricciones de CDPD

Cobertura: A pesar de ser uno de los sistemas que cuenta con una infraestructura ya difundida en todo el territorio nacional, existen ciertas zonas en el área metropolitana donde el nivel de señal se encuentra por debajo del mínimo.

La velocidad que está ofrecida para 9.600Kbps, sin embargo varía enormemente en las zonas de fuerte tráfico, como lo es en el casco central de la ciudad, a valores realmente bajos.

3.6.2. Restricciones del Datalogger

El puerto serial cuenta solo con tres de las señales para el protocolo RS-232-C, por lo que la señal RTS es suministrada por la señal CD (ver conexión RS-232, pto. 2.1.3.), Esto afecta ya que el microprocesador se ve interrogado en todo momento aunque no sé este realizando.

3.6.3. Inconvenientes del GOES

Está diseñado para la recolección de datos y sondeos de la atmósfera, por lo que el sistema supervisorio en tiempo real (Modo interrogado) tiene un retardo considerable ya que debe cumplir los siguientes pasos:

El usuario hace la solicitud de la interrogación al Centro de Adquisición de datos.

Envío de la señal de interrogado de la estación al satélite.

El satélite abre la ventana (1min) y envía la señal a la EMA

La EMA procesa esta información y corre el programa supervisando su estado (BITE)

EMA remite la señal al satélite.

Satélite prepara el paquete de datos y los remite al Centro de Adquisición de Datos.

El Centro de Adquisición remite al usuario y los coloca en su base de datos.

Todos estos pasos producen un retardo considerable desde la solicitud de los datos hasta su recepción.

El sincronismo del radio y el satélite es bastante exigente, esto se debe a que el satélite abre la ventana para la plataforma de datos por un lapso de 1 min cada 3 hrs. El tiempo empleado desde que el satélite envía la señal a las EMA y el inicio de recepción de datos puede ser hasta de 30 seg. quedando muy poco tiempo para la transmisión de datos, por eso las exigencias en el equipo transmisor y el datalogger.

Es hasta este año que se ha difundido este sistema en nuestro país y por lo tanto se encuentra limitado en la cobertura. Sin embargo cuenta con el aval de ser el estándar comercial implementado en los datalogger en Europa para la mayoría de las EMA.

3.6.4. Limitaciones de GSM

Las limitaciones de propagación propias del sistema. Este fue uno de los primeros sistemas implementados para la constitución de redes de estaciones hidrológicas y meteorológicas automáticas, sin embargo grandes cantidades han quedado fuera de servicio debido al mantenimiento que es necesario aplicarles y aún se pueden complicar cuando es necesario utilizar repetidoras, que es el caso más común. Además los radios/modém en el mercado son de precios equiparables a los de otra tecnología no así el consumo eléctrico.

3.6.5. Limitaciones del Radio

El sistema por radio es viable cuando los equipos son adquiridos como parte de la red, esto representa un gasto inicial superior que en la mayoría de los otros sistemas no guiados considerados. Además los gastos a mediano plazo son menores y bajo esta perspectiva parecieran rentables. Sin embargo cuando se cuenta con un número considerable de estaciones, debe considerarse la contratación de personal especializado para las funciones de mantenimiento y reparación, siendo la ausencia de este la causa generalizada de las fallas en este tipo de sistema.

Comparación de los sistemas inalámbricos

Sistema	Soporte	Velocidad	Cobertura	Ventajas propias
Radio VHF/UHF	Amplio	La deseada por el usuario	Alcance según línea de vista y características del equipo.	Administrado por el propietario
GSM	Amplio	9.6Kbps	Solo en las principales ciudades	Probado uso en este tipo de aplicación. Seguridad. Envío de alertas.
CDPD	Amplio	9.6Kbps	En la mayoría de las zonas de interés	Permite configurar una red completa para ser manejada desde un mismo módem.
MOBITEX	Amplio	9.6Kbps	En la mayoría de las zonas de interés	Permite el enlace dentro de una misma celda en caso extremos. Categoría en mensajes (Alertas)

4. Programa de manejo del equipo

El equipo cuenta con un programa desarrollado en lenguaje C denominado PClogger, que permite el manejo, configuración, supervisión y control, además de un menú de ayudas.

Componentes:

Programa maestro

Carpeta cfg

Carpeta DAT

Carpeta SHT

4.1. El programa maestro PCL.EXE

4.1.1. Menú principal.

Cuenta con el siguiente menú de opciones:

- **IDENTIFICACIÓN**

Este menú permite observar la Identificación del microLogger o de un Archivo de Datos (DAT) También permite modificar dicha identificación.

Esta identificación es opcional, pero muy recomendable para ayudar a organizar los equipos pertenecientes a una red.

La identificación está compuesta por los siguientes campos:

NUMERO DE LA ESTACION	Identificación Numérica.
NOMBRE DE LA ESTACION	Identificación Alfanumérica.
SERIAL DE LA ESTACION	Usado en caso de tener estaciones serializadas.

TEXTO COMENTARIO	Comentarios de interés sobre la estación.
------------------	---

Los tres primeros campos deben ser únicos de cada equipo y permite su plena identificación.

El campo de comentarios permite incluir información adicional acerca de la estación o de las condiciones de adquisición (200 caracteres)

- **CONFIGURAR**

Esta opción permite la configuración del equipo.
Sus opciones son las siguientes:

-CONFIGURAR ADQUISICION: Permite definir y/o modificar los parámetros a ser usados por el DataLogger para el proceso de adquisición de datos.

-CONF HORA/FECHA: Permite fijar la hora y fecha del equipo. Esto puede hacerse usando la hora y fecha del PC o introduciendo la información por teclado.

-ARRANCAR/PARAR ADQUISICION: Permite arrancar o detener el proceso de adquisición de datos.

-INICIALIZACION: Permite llevar a condiciones iniciales el Módulo de Memoria, los Acumuladores o el microLogger.

-CONFIGURACION DEL PC: Permite fijar algunos parámetros de interés en el PC.

- **MONITOR**

Esta opción permite observar en Tiempo Real el estado de las señales conectadas al microLogger.

Las opciones disponibles son las siguientes:

SUPERV DE ENTRADAS CONFIGURADAS: Permite observar las variaciones de las señales configuradas en el microLogger.

GRAFICO DE TENDENCIAS: Permite observar en forma gráfica las variaciones de los canales analógicos AN1-AN4.

SUPERVISION DE VIENTO: Presenta una pantalla gráfica donde se puede observar fácilmente datos de interés sobre dirección y velocidad del viento. Esta opción asume la conexión de un sensor YOUNG en el canal AN1 y FR1 mediante un acondicionador ACS-100, un sensor de temperatura tipo LM35 en AN2 y un Tipping Bucket de .1mm en DIG8.

- **REPORTES**

Reportes del Modulo de Memoria a la Pantalla: Permite observar en pantalla un reporte de los datos almacenados en el Módulo de Memoria.

Los valores analógicos son mostrados en unidades de ingeniería de acuerdo a la configuración de cada canal.

Reportes del Modulo de Memoria a Disco: Guarda en disco los datos contenidos en el Módulo de Memoria.

Reportes de Disco a Pantalla: Muestra en pantalla los datos almacenados en un archivo de disco.

Reportes de Disco a Gráficas: Muestra en forma gráfica los datos almacenados en un archivo de datos.

Reportes de Visitas Realizadas a la Estación: Permite observar en pantalla un reporte de las visitas realizadas a una estación.

Generar Reportes en Formato Compatible con Hojas de Cálculo: Genera un archivo texto compatible con programas de hojas de calculo. Colocar extensión '.PRN' para Lotus123, Quattro etc y '.CSV' para Excel.

- **STATUS**

Esta opción permite observar el estado actual del microLogger.

Los parámetros mostrados son los siguientes:

HORA/FECHA: Información del RTC del equipo.

Prox ADQUISICION: Hora en la cual el equipo monitorear /registrar nuevos datos.

Capacidad del Módulo de Memoria: Permite observar la capacidad total del Módulo de Memoria (en Bytes) así como la usada y la disponible.

PRIM/PROXIMA LOCALIDAD: Direcciones de los punteros de datos.

Tamaño del Bloque: Número de Bytes de datos que lleva c/adquisición.

Numero De Ciclos: Número de veces que el Módulo ha sido re-escrito.

Adquisición en Proceso: Indica si la adquisición está en curso.

Primer/Ultimo Dato Disponible: Hora y Fecha del primer y último dato.

Inicio de la Adquisición: Hora y Fecha del arranque de la adquisición.

- **OPCIONES**

Este Menú ofrece opciones adicionales para el manejo del microLogger.

Las opciones son las siguientes:

Comun Vía Modem: Permite establecer e interrumpir la conexión con el modem CDPD, bajo la configuración del archivo modem.cfg

Baud Rate: Permite modificar la velocidad de comunicación entre el PC y el microLogger.

Leer Módulo De Memoria: Permite visualizar en formato Hexagesimal el contenido del Módulo de Memoria.

Test Del Modulo De Memoria: Permite verificar rápidamente si el Módulo de Memoria es reconocido por el microLogger.

4.1.2. Requerimientos del Departamento de Hidrometeorología

Las especificaciones para las observaciones requieren que estas sean realizadas a las 08:00' hrs. Diariamente y los reportes deben indicar los valores máximo, mínimo y/o promedio de las variables atmosféricas, por lo que la necesidad se centró en la realización de un programa que a partir de los archivos generados por el PClogger, generara los reportes diarios, trabajara sobre Windows y compatible con Office

El programa se desarrolló utilizando lenguaje Visual Basic en la versión 6.0, bajo las siguientes características:

Evaluación de los datos.

Cálculo de los promedios.

Identificación de valor máximo.

Identificación de valor mínimo.

Asignación de la hora de ocurrencia del máximo ó mínimo.

Evaluación de la precipitación diaria.

Creación de reporte por día con los principales valores de las variables atmosféricas.

Además de todo lo anterior el programa permite enviar los reportes por correo electrónico.

4.2. Programa de Reportes Meteorológicos (PRM)

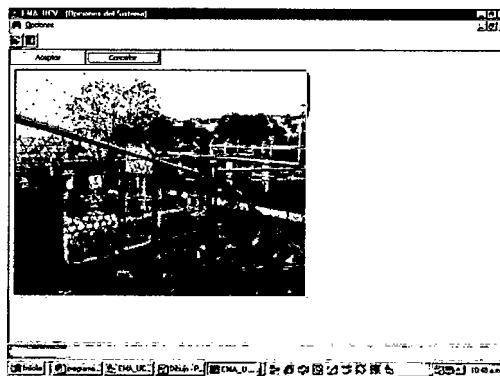
Funciona sobre la plataforma de Windows, generando dos ventanas para el manejo de los datos.

4.2.1. Ventana principal.

En esta permite al usuario visualizar la imagen de la estación UCV y decidir si desea ingresar al programa.

4.2.1.1. Opciones:

- **Abrir:** Permite ingresar al programa de cálculo
- **Cancelar:** Sale del sistema y cierra el programa



4.2.2. 2da Ventana.

4.2.2.1. Opciones:

- **Abrir Archivo:** Permite seleccionar el archivo del cual se desea hacer el reporte.

Luego de seleccionado el archivo, este aparece en la tabla de la ventana y el nombre del archivo aparece en la celda con la etiqueta "Archivo seleccionado"

- **Actualizar:** Al accionar el botón de actualizar el programa iniciará el proceso de lectura en la tabla, para extraer los valores de interés de las variables y seguidamente los presentará sobre la tabla de reportes con la etiqueta de "Promedio diario"

La tabla de reportes indica los valores de:

Temp. min. : Temperatura mínima del día

Fecha: Día que se está evaluando

Hora: Hora de la Temp. min.

Temp. máx. : Temperatura máxima.

Hora : Hora de la Temp. máx.

Temp. prom.: Temperatura promedio del día.

Fecha	Hora	Hum	Vel v	Dir	Rad	Temp
19/09/2000	7:30:00	302.667	20.8	73.6	0	196.2
19/09/2000	7:41:00	335	21.1	73.1	0	230.2
19/09/2000	7:46:00	390.233	21.9	70.8	0	206.1
19/09/2000	7:51:00	342.667	21.2	68.9	0	233.4
19/09/2000	7:56:00	398.533	22.1	69.7	0.007	240
19/09/2000	8:01:00	412.533	22.1	64.9	0	200.6
19/09/2000	8:06:00	475.233	22.5	68.5	0.007	229.6
19/09/2000	8:11:00	436.233	22.5	64.3	0	207.5
19/09/2000	8:16:00	430.533	22.9	63.0	0	200.7

Rad máx. Valor máximo de radiación solar (W/m2).

Vel máx : Velocidad máxima del viento.

Vel prom: Velocidad promedio del viento.

Dir : Dirección promedio del viento.

Prec. : Precipitación diaria.

H.R. mín: Mínima Humedad Relativa del día y hora de ocurrencia.

H.R. máx. : Máxima Humedad Relativa del día y hora de ocurrencia.

Luego de hecho el reporte el programa lo envía a las direcciones de correo electrónico que se especifiquen, utilizando para ello los controles MAPI con los recursos del programa Outlook de Windows.

- Gráfica

Permite hacer un análisis gráfico de las variables en conjunto.

Conclusiones

Los sistemas de acceso telemétrico además de facilitar la supervisión de las estaciones, permiten evaluar los eventos en condiciones adversas para los observadores, además incrementan la confiabilidad de la estación ya que las fallas pueden ser detectadas

Las estaciones meteorológicas automáticas son tan variadas y complejas que es primordial contar con un soporte técnico especializado para su mantenimiento y operación.

Los accesos telemétricos por cable son más confiables en su implementación y permiten una mayor manipulación.

Por las condiciones de la ubicación los dos factores principales a considerar para implementar la telemetría deben ser los servicios de alimentación eléctrica con que cuenta el sistema y la integridad de los equipos frente al caso de robo o vandalismo.

La selección del sistema debe estimar la factibilidad económica para el mantenimiento.

El acceso remoto a una EMA implica por lo general una inversión inicial considerable, por lo que cuando se implementa una red debe priorizarse, según la representatividad y la importancia, aquellas que contarán con el servicio de telemetría.

A pesar de que las exigencias e inversión inicial para adaptar el sistema GOES son mayores, estas se ven compensadas por los valores agregados que ofrece el sistema.

Sobre todo, ante todo y por todo, debemos considerar que la ingeniería debe estar al servicio de la sociedad y cuando el servicio prestado es para resguardo de vidas y bienes ninguna inversión puede ser considerada como innecesaria

Recomendaciones

En la medida de lo posible debe promoverse el desarrollo tecnológico nacional a fin de ofrecer el respaldo técnico para las operaciones de las estaciones metereológicas automáticas.

Utilizar equipos de mínimo consumo eléctrico posible.

Buscar, los medios que permitan garantizar la seguridad de los equipos ante hechos vandálicos.

Cuando se trate de una red se sugiere instalar al menos dos tipos de sistema de acceso remoto.