

*MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR  
UNIVERSIDAD CENTRAL DE LAS VILLAS*

*RED DE COMUNICACION DE PEQUEÑA ÁREA PARA LA  
MEDICION Y SUPERVISION*

*DISERTACION PARA OPTAR POR EL GRADO  
DE DOCTOR EN CIENCIAS TECNICAS*

*AUTOR: ING. FELIX F. ALVAREZ PALIZA*

*TUTOR: DR. JOSE L. GARCIA CUEVAS*

*Santa Clara, Cuba, 1994  
"Año XXXVI de la Revolución"*

**A MIS PADRES,  
A MIS HERMANOS,  
A MI ESPOSA  
Y  
A MIS HIJOS:  
ISVAN Y FELIX JAVIER**

*Quiero expresar mi agradecimiento a: mi Tutor **Dr. José L. García Cuevas** que desde hace años me dio el impulso inicial ,al **Dr. Gustavo Grillo** por su constante apoyo ,al **Dr. Jorge Matos** por sus sugerencias oportunas, a **mis compañeros del Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones** por el apoyo que me han dado , a **mis alumnos y ex-alumnos** que han puesto su granito y a **todos** aquellos que de una forma u otra han colaborado con mi trabajo.*

*En especial quiero patentizar mi agradecimiento a **mi esposa**, que con su esfuerzo y dedicación a las tareas cotidianas me dio un valioso apoyo.*

## SINTESIS

*El desarrollo de la Ciencia y la Técnica en los últimos 30 años y en especial el desarrollo de la Tecnología Electrónica ,ha representado una revolución con la introducción de las técnicas de computo a todas las esferas de la vida ; no siendo una excepción el campo de la Automatización y en especial las técnicas de Medición y Control.*

***Desde el inicio de la década del 80 se ha dado un cambio en las prioridades de la automatización , dirigido hacia la interconexión de todas las "islas" de automatización para formar sistemas integrados y flexibles de producción.***

*Estos requieren de estructuras de comunicación, las cuales en el marco de los niveles de dirección posibilitan un intercambio de información vertical y horizontal.*

***En los niveles inferiores se incrementan mas y mas los equipos e instrumentos con microprocesadores y microcontroladores, de ahí que su aspecto fundamental en el desarrollo de la automatización lo constituyan las redes de comunicación para el trabajo en tiempo real; mas conocidas por Sistemas de Bus de Campo.***

*Ello ha generado hasta el momento actual el desarrollo de numerosos estándares de redes de comunicación para el trabajo en tiempo real, debido a los diferentes requerimientos de los procesos de automatización.*

***Estos elementos motivaron el inicio, a mediados de la década de los 80, de este trabajo tendiente al desarrollo de Sistemas de Medición y Supervisión con estructura de Bus de Campo.***

*Desarrollándose el Sistema de Medición de Información para la*

*Planta Energética del Combinado Textil "Desembarco del Granma" ,donde se emplearon Unidades Inteligentes de Medición con microprocesadores interconectadas mediante un Bus digital serie.*

*Esta tarea requirió del diseño, construcción, montaje y puesta a punto de todos los elementos componentes del Sistema, lo que enriqueció nuestros conocimientos sobre la temática y en especial permitió consolidar los objetivos de esta disertación: La concepción y el desarrollo de una Red de Comunicación de pequeña área para la Medición y Supervisión, que utilice las potencialidades de los microprocesadores y microcontroladores , a un bajo costo y adaptable a los requerimientos de la automatización en nuestro país.*

## **INDICE**

### **.INTRODUCCION**

#### **Capitulo I.**

#### **Sistemas de Medición y Supervisión para la Automatización.**

- |            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1.1</b> | <i>Introducción</i>  | <b>9</b>  |
| <b>1.2</b> | <i>Desarrollo y estado actual de los Sistemas de Medición y Control.</i>                               | <b>10</b> |
| <b>1.3</b> | <i>Análisis de los Sistemas de Bus de Campo.</i>   | <b>14</b> |
| <b>1.4</b> | <i>Características generales de la Automatización en Cuba .</i>  | <b>26</b> |
| <b>1.5</b> | <i>Requerimientos a un Sistema de Medición y Supervisión para la Automatización de pequeñas áreas.</i> |           |

**30**

- |            |                     |           |
|------------|---------------------|-----------|
| <b>1.6</b> | <i>Conclusiones</i> | <b>39</b> |
|------------|---------------------|-----------|

## **Capítulo II.**

### ***Unidades Funcionales de Medición y Supervisión***

<b>2.1</b>	<b><i>Introducción</i></b>	<b>43</b>
	<b>2.2</b> <i>Adquisición de datos</i>	<b>44</b>
	<b>2.2.1</b> <i>Hardware</i>	<b>46</b>
	<b>2.2.1.1</b> <i>Acondicionamiento de señales</i>	<b>49</b>
	<b>2.2.2</b> <i>Software</i>	<b>50</b>
<b>2.3</b>	<b><i>Unidades Funcionales de Medición y Supervisión</i></b>	<b>55</b>
	<b>2.3.1</b> <i>Definición del problema</i>	<b>55</b>
	<b>2.3.2</b> <i>Alternativa para su solución</i>	<b>56</b>
	<b>2.3.2.1</b> <i>Criterios para la selección del Microcontrolador</i>	<b>57</b>
	<b>2.3.2.2</b> <i>Diseño circuital de la Unidad</i>	<b>58</b>
	<b>2.3.2.3</b> <i>Diseño funcional de la Unidad</i>	<b>60</b>
	<b>2.3.3</b> <i>Resultados prácticos</i>	<b>63</b>
	<b>2.3.4</b> <i>Evaluación económica</i>	<b>64</b>
<b>2.4</b>	<b><i>Conclusiones</i></b>	<b>64</b>

## **Capítulo III.**

### ***Sistemas de Comunicación en la Automatización***

<b>3.1</b>	<b><i>Introducción</i></b>	<b>80</b>
<b>3.2</b>	<b><i>Modelo de Referencia OSI</i></b>	<b>80</b>
	<b>3.2.1</b> <i>Nivel Físico</i>	<b>81</b>
	<b>3.2.2</b> <i>Nivel de Enlace de Datos</i>	<b>82</b>
	<b>3.2.3</b> <i>Nivel de Aplicación</i>	<b>84</b>

3.3	<i>Análisis de las Redes para el trabajo en tiempo real</i>	85
3.3.1	<i>Topología</i>	86
3.3.2	<i>Medio de Transmisión</i>	87
3.3.3	<i>Control de acceso al medio</i>	88
3.3.4	<i>Interfases de acople</i>	93
3.4	<i>Diseño de una Red para el sistema de medición</i>	96
3.4.1	<i>Protocolo de enlace</i>	98
3.4.2	<i>Análisis de la probabilidad de error</i>	103
3.5	<i>Conclusiones</i>	106

#### **Capítulo IV.**

##### ***Desarrollo del Sistema de Medición y Supervisión***

4.1	<i>Introducción</i>	115
4.2	<i>Concepción general</i>	115
4.3	<i>Unidades de Medición con microprocesadores</i>	117
4.3.1	<i>Acople al bus</i>	118
4.3.2	<i>Protocolo de comunicación</i>	118
4.4	<i>Unidades de Medición con microcontroladores</i>	119
4.4.1	<i>Acople al bus</i>	120
4.4.2	<i>Protocolo de comunicación</i>	122
4.5	<i>Unidad Central (AMO)</i>	127
4.5.1	<i>Acople al bus</i>	127
4.5.2	<i>Monitor de tiempo real</i>	128
4.5.2.1	<i>Algoritmo de Instalación</i>	128
4.5.2.2	<i>Algoritmo de Tiempo</i>	130
4.5.2.3	<i>Algoritmo de Teclado</i>	131

<b>4.6</b>	<i>Resultados experimentales</i>	<b>132</b>
<b>4.6.1</b>	<i>Herramientas de software</i>	<b>134</b>
<b>4.7</b>	<i>Evaluación económica</i>	<b>135</b>
<b>4.8</b>	<i>Conclusiones</i>	<b>136</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>138</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>155</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>167</b>

## INTRODUCCION.

*La necesidad de la Automatización vinculada al desarrollo Socialista fue avizorada por el Che y a tales efectos expresó "Todo país que empieza la construcción del Socialismo, tiene que luchar por las bases materiales para conseguirlo y para eso necesita crear los excedentes que están dados por la productividad del trabajo. Al principio esta productividad puede lograrse mediante la racionalización de la producción y en algún grado ,mediante el esfuerzo consciente de los trabajadores sobre sus propios medios de producción. Luego será necesaria una mecanización cada vez mas completa y cada vez mas imperiosa debido a la carencia de fuerza de trabajo. Por ultimo será necesario llegar a la automatización mas o menos gradual de todos los procesos de producción, es decir entrar de lleno en la Electrónica...." [5]*

*En la Tesis y Resolución "sobre Política Científica Nacional" aprobada por el I Congreso del PCC y ratificada por los siguientes se plantea, entre otros aspectos, la necesidad de la adecuación de nuestras investigaciones al pronóstico del desarrollo y la aplicación de sus logros en la práctica social. Se caracterizan nuestros días por la electronización acelerada de prácticamente todos los proceso productivos y la aplicación de los sistemas de computo en la automatización [1][2][3][4].*

*En el documento "Política de Automatización Industrial" del Frente de la Electrónica (1988), se expresa: "La carencia de una política de automatización industrial ha provocado el*

*estancamiento y la pérdida no solo del nivel de automatización original de muchas plantas, sino que ha aumentado el retraso relativo con relación al desarrollo experimentado en el mundo en los últimos 20 años y es necesario adoptar medidas que rectifiquen los problemas aun existentes".*

*Luego es una necesidad económico social la automatización integral de la industria nacional, sobre la base de una introducción amplia de los logros modernos de la ciencia y la técnica.*

*A partir de estas premisas se conformó este trabajo, enmarcado en el área de los Sistemas de Medición de Información y en el diseño de un Sistema de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas, sobre la base de una introducción amplia de los logros modernos de la Ciencia y la Técnica, acorde a las características de nuestras industrias y con alternativas de bajo costo.*

*Con este fin se concibió un Sistema de Medición y Supervisión con estructura de Bus de Campo, que emplea las facilidades de los microprocesadores y microcontroladores y que no requiere de controladores de comunicación especiales; con el concurso de un pequeño software tanto para la adquisición de datos y su procesamiento primario como para la comunicación.*

*En el Marco de la Investigación ha sido necesario un amplio trabajo que fué desarrollado con los **objetivos** siguientes:*

### **Objetivos del trabajo**

- Investigar las principales características de los Sistemas de Medición a fin de determinar las posibilidades de realización en las condiciones actuales de nuestras industrias, con la utilización de ser posible, de los transductores y sensores que se encuentran instalados.
- Realizar estudios teóricos y prácticos sobre los Sistemas de Bus de Campo, en especial sobre las interfases eléctricas, procedimientos de acceso al medio y los protocolos empleados.
- Analizar las particularidades de las nuevas generaciones de microprocesadores y microcontroladores, para desarrollar una estrategia de su empleo como Unidades Funcionales de Medición (UFM).
- Diseñar y montar diferentes variantes de UFM con microprocesadores y microcontroladores.
- Evaluar diferentes variantes de Sistemas de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas, considerando entre ellas en detalle la de mayores posibilidades de producción nacional a bajos costos.
- Desarrollar las herramientas de software y hardware necesarias para el trabajo con los microprocesadores y microcontroladores para una rápida aplicación y puesta a punto de los sistemas y equipos.

El Autor **defiende** fundamentalmente los elementos siguientes:

1-Un análisis de los sistemas de Bus de Campo que demuestra que la mayoría de ellos requieren de un amplio concurso de hardware especial de alto costo (controladores especiales de comunicación) al no tomar en consideración las interfaces de comunicación serie existentes en los microcontroladores, quedando sus potencialidades sobredimensionadas para la aplicación en la automatización de pequeñas áreas; característica común de nuestras industrias.

2-Una nueva concepción de Sistema de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas, con estructura de Bus de Campo, basado en las amplias posibilidades de los microprocesadores y microcontroladores de propósito general; la cual satisface los requisitos de :trabajo en tiempo real, fiabilidad, flexibilidad ,configurabilidad, parametricidad y costo.

3-La arquitectura de Simple Master (Amo/Esclavo) con el procedimiento de Encuesta selectiva (no secuencial) y a bajas velocidades de transmisión (<19200 Bits/s) presentada en el trabajo, satisface los requerimientos de obtención actualizada y regular de la información, acorde al comportamiento dinámico de los parámetros mas frecuentes a medir en la mayoría de nuestras industrias (tiempos de muestreo superiores a 1 segundo).

4-La realización de un Sistema con topología de Bus (lineal) empleando la interfaz eléctrica RS 232, con una aceptable seguridad en la transmisión de información .

- 5-Un nuevo método de trabajo en tiempo real para sistemas de medición donde las unidades no dispongan de temporización, mediante la transmisión de mensajes de difusión que indican la secuencia de trabajos a realizar en ese instante de tiempo.*
- 6-La realización de un circuito y prototipo de Unidad Funcional de Medición empleando microcontroladores de las nuevas generaciones, explotándose sus facilidades de trabajo en tiempo real .*
- 7-Una organización del software en las Unidades Funcionales de medición que permite un mayor uso de recursos existentes en los microcontroladores, unido a la facilidad de configuración en línea de ellas.*
- 8-El desarrollo de un protocolo de comunicación sencillo y confiable entre la Unidad Central (Amo) y las Unidades Funcionales (Esclavos), sobre la base de 4 ciclos básicos de trabajo.*
- 9-La concepción y el desarrollo del software para la Unidad Central (AMO) que facilita la rapidez en la instalación y configuración del sistema, controla la comunicación y el almacenamiento de la información y es transparente a las aplicaciones del usuario.*
- 10-El desarrollo de dos nuevas herramientas de software para la puesta a punto de sistemas con microprocesadores Z80 y microcontroladores de la familia 68HC11, los cuáles trabajan en red y permiten realizar pruebas y diagnósticos a las Unidades de Medición.*

*El valor práctico del trabajo lo avalan los resultados siguientes:*

*.El desarrollo de una red para el Sistema de Medición y Supervisión para la planta energética del Combinado Textil "Desembarco del Granma", donde se demostraron las posibilidades de aplicación de muchos de los aspectos enunciados anteriormente, con alta seguridad en la transmisión de datos ,buena confiabilidad y sencillez circuital.*

*.El desarrollo de un módulo microcontrolador (MCU-1) de tamaño pequeño (14 x 13.5 cm), bajo consumo (<80 mA a +5 V.) y alta confiabilidad, además de trabajar como Unidad Inteligente de Medición en un Sistema Distribuido, ha demostrado su utilidad como Unidad de Medición en equipos individuales tales como: Supervisor de parámetros energéticos (ANELEC), Temporizador programable para riego (SPRINTI), controlador digital, controlador de soldadura por resistencia, secuenciador programable de centrífugas de azúcar y otros equipos mas desarrollados en la provincia de Villa Clara.*

*.El desarrollo de un software (SMITR) para el control del trabajo de una Unidad Central en tiempo real, el cual permite la configurabilidad del Sistema de Medición y es transparente a las aplicaciones que desee instalar el usuario del sistema.*

*.El desarrollo de dos monitores de puesta a punto: **AMETZ80** y **SONLINE68**, para el microprocesador Z80 y los microcontroladores de la familia 68HC11, los cuales han sido ampliamente utilizados en la puesta a punto y pruebas de numerosos equipos y en el Sistema de Medición de la Textilera.*

*.El **SONLINE68** ha sido empleado durante mas de 2 años en la docencia y en el desarrollo de todos los equipos y sistemas que se mencionaron con anterioridad.*

*.El desarrollo de un circuito adaptador **RS 232/RS 485** de tamaño reducido (incorporado en un conector) es un aspecto novedoso con respecto a las tarjetas que se ofertan en el mercado internacional.*

*.La aplicación de los resultados de las Investigaciones, tanto teóricas como practicas en las asignaturas **Microprocesadores I y II**, desde 1988 hasta la fecha ,así como en los Cursos de Postgrado de **Microcontroladores** que se vienen impartiendo desde hace 3 años en el país y en el extranjero.*

### **Aprobación del Trabajo**

*Elementos y partes de este trabajo han sido expuestos y debatidos en diferentes eventos, entre los cuales están:*

- . **IV Conferencia de Ciencias Técnicas, UCLV, 1988***
- . **V Fachtagung de Aplicación de los Microprocesadores en la técnica de Medición y Automatización, Universidad Técnica "Otto von Guericke" de Magdeburgo, RFA, Septiembre de 1989.***

- . *V Simposio de Ingeniería Eléctrica, UCLV, Noviembre de 1990.*
- . *V Congreso Latinoamericano de Control Automático (V CLCA IFAC), INFORMATICA '92, Febrero 1992.*
- . *Conferencia Internacional sobre el Control Automático en el Ahorro de Energía, INFORMATICA '94, Febrero 1994.*
- . *12th Workshop on Distributed Computer Control Systems (IFAC), Toledo, España, Septiembre de 1994.*

*En mayo de 1994 se realizó la Pre defensa del trabajo en una Sesión Científica del Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Central de Las Villas. Además se presentó una parte del mismo ante la Sección de Automatización y Electrotecnia de la Universidad Técnica "Otto von Guericke" de Magdeburgo, RFA.*

*Sobre la Tesis se han publicado o aceptado para su publicación los siguientes trabajos:*

- . *Datenerfassung-und Verarbeitungssystem für eine elektrische Substation ,5.Fachtagung"Anwendung von Mikrorechner in der Mess- und Automatisierungstechnik", Magdeburg, Tagungs-material, Septiembre, 1989, pág.151-154.*
- . *Microcontroladores, fundamentos y aplicaciones de la Familia 68HC11", Ediciones Docentes UCLV, 1991.*
- . *Acople del KIT CID 0615 a una microcomputadora a través de la RS-232C", CIC , Vol.26, No.50, 1992.*
- . *Red local con KIT de Entrenamiento CID 0615", CIC , Vol.26, No.51, 1992.*
- . *Sistema de adquisición y procesamiento de datos en tiempo*

*real para pequeñas áreas", Memorias V Congreso Latinoamericano de Control Automático, Vol.2, AUT081, INFORMATICA 92,1992.*

*. Real time data acquisition and processing system for small área, 12th Workshop on Distributed Computer Control Systems (IFAC), Toledo, España, Septiembre de 1994.*

*La Tesis consta de una Introducción, cuatro capítulos, las conclusiones generales ,las referencias bibliográficas y cuatro anexos.*

## **Capítulo I. Sistemas de Medición y Supervisión para la automatización.**

### **1.1 Introducción**

***El objetivo fundamental de este capítulo es la caracterización de los sistemas de Bus de Campo y el análisis de la posibilidad de empleo de estos, unido a las técnicas modernas de microprocesadores y microcontroladores, en el desarrollo de Sistemas de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas.***

*En este capítulo se ofrece una panorámica de la situación actual de los Sistemas de Medición y control principalmente en lo referente a los Sistemas de Bus de Campo. Se particulariza en las características generales de la automatización en nuestro país a fin de precisar las vías para llevar adelante esta tarea, tomándose en consideración nuestras limitaciones económicas.*

*El significado económico de un Sistema de Medición y Control yace en la posibilidad de trabajar sobre un proceso productivo en línea permitiendo una supervisión permanente de su eficiencia y calidad.*

*Los sistemas supervisores mejoran la operación, incrementan la productividad, la eficiencia, reducen los sobrantes y reducen los costos de producción. No es un sueño que esos datos elaborados por un sistema inteligente, logre los objetivos enunciados de una forma mas rápida y eficiente [29].*

## **1.2 Desarrollo y estado actual de los Sistemas de Medición y Control.**

*Los avances logrados en las tecnologías de computo en los últimos 20 años han precipitado cambios en la industria mundial, lo cual ha llevado a algunos autores a plantear que estamos en la segunda revolución industrial, en la era de la información.*

*A inicios de la década del 70, los Sistemas de Medición y Control se concebían como grandes y potentes núcleos inteligentes; a los cuales llegaba toda la información del proceso (200 - 1000 variables) en los que se realizaban las operaciones de medición y control a través de algoritmos muy complejos [98].*

*Cuando los primeros controladores programables con procesadores de Bit aparecieron en el mercado en los años 70 muchas personas creyeron que esto era un sueño, sin embargo hoy en día es muy normal hablar de PLC conformados por poderosos microprocesadores y microcontroladores de 8,16 y 32 Bit; como es lógico el rápido progreso de las tecnologías de semiconductores ha jugado un papel decisivo en este proceso [65]. En el pasado, los esfuerzos de reducción de costos y de racionalización en la industria fueron concentrados en áreas (islas de automatización) donde partes o productos podían ser producidos en grandes cantidades, por lo que los efectos de racionalización del proceso de automatización eran mas exitosos que en otros aspectos de una naturaleza mas estratégica o de*

organización natural; tales como suministro de materiales, almacenamiento etc.

Sin embargo desde principios de los años 80 se ha dado un cambio en las prioridades de la automatización dirigido a la interconexión de todas las islas de automatización para formar sistemas integrados y flexibles de producción, denominados "**Procesos integrados por computadoras**"; mas conocido por las siglas **CIM (Computer Integrated Manufacturing)**[92][118].

Para la automatización de procesos mediante computadoras son empleadas en todos los niveles de la jerarquía de automatización bases de datos, las cuales son construidas y mantenidas actualizadas, las que a su vez requieren de estructuras de comunicación que en el marco de los niveles de dirección posibilitan un intercambio de información vertical y horizontalmente.

El entorno de realización de dichas estructuras de comunicación está por una parte atado a los requerimientos de información y estructuras de automatización, y por otro lado a las potencialidades de las tecnologías de comunicación modernas.

A partir de la jerarquía de los niveles de dirección de la producción se obtiene de forma inevitable una jerarquía de las estructuras de comunicación, tal como se muestra en la Fig.1.1 [70][123].

En los niveles inferiores se incrementan mas y mas los equipos de campo con microprocesadores y microcontroladores, estaciones de procesos universales, controladores programables y reguladores; mientras que en los niveles superiores dominan las

microcomputadoras con diferentes potencialidades.

Los tipos de datos se pueden clasificar de la forma siguiente: comandos, datos de tiempo real, alarma, accionamiento, solicitud de servicios, ficheros de datos, ficheros de gráficos , programas etc. Estos se diferencian fundamentalmente en sus resultados, en el tiempo de reacción del sistema, en las necesidades de grandes campos de datos y en la seguridad requerida.

En la **Tabla #1** (Anexo I) se muestra una clasificación cualitativa de los tipos de datos empleados en la automatización a partir de un análisis cuantitativo.

Como puede observarse de dicha tabla, hay una relación muy directa entre el tiempo de reacción y la longitud del campo de datos, pero ello no basta para tener una visión de las diferentes tareas a realizar en los distintos niveles y su relación con las características de los sistemas de comunicación en un proceso integrado por computadoras.

Una forma sintetizada pero muy explícita de esa relación se ofrece en la **Tabla #2** (Anexo I).

Ante el auge de las redes de computadoras la **ISO** (**International Standard s Organization** ), creó en 1978 un subcomité técnico (TC97 / SC16) para el desarrollo de un conjunto de normas que permitieran el intercambio de información entre **Sistemas abiertos [64]**.

Como consecuencia de lo anterior ha sido la presentación por parte de la **ISO**(en 1983)de un modelo estándar de arquitectura denominado comúnmente **OSI(Open System Interconnection)** ,el cual

ha formado parte de la estructura de trabajo para el desarrollo de protocolos estándares[50].

En la **Tabla #3** (AnexoI) se muestran los estándares adoptados por la ISO acerca de los sistemas de comunicación abiertos.

El modelo **OSI** presenta una visión global y estructurada del problema (en algunos de sus aspectos) y sirve de referencia para el estudio de los distintos sistemas de comunicación distribuidos [12].

Es importante señalar que actualmente se manifiesta una disputa entre el **TCP/IP (Transport Control Protocol/ Internet Protocol)** y el **OSI**, donde algunos especialistas consideran que habrá al final un modelo OSI disfrazado, en el sentido que su contenido será **TCP/IP** [63][90][148].

Entre las principales resultados desarrolladas en los sistemas de Comunicación para la Automatización están:

-**MAP (Manufacturing Automation Protocol)**[124][165][47].

Su versión 3.0 fue implementada en Junio de 1988.

-**Proway C:** Fue fijada en enero de 1986 mediante la **IEC/TC 65** [173] [174].

-**Sistemas de Bus de Campo:** Los trabajos de estandarización internacional fueron comenzados en Estocolmo en septiembre de 1988.

En estas actividades son visibles tres tendencias:

-Los que desean la implantación de un **modelo OSI completo**, significando servicios y protocolos en los 7 niveles de este modelo de referencia; como en el **MAP** y en el **TOP (Technicals and Office Protocols)** [175].

-Los que se esfuerzan por la implementación de una **arquitectura OSI reducida**, empleando solo los servicios y protocolos de los niveles 1,2 y 7 del modelo de referencia, para los Sistemas de Bus de Datos de Procesos y de Campo; a fin de poder alcanzar un buen comportamiento en tiempo real.

-Los que plantean que establecer un único estándar universal de Bus de Campo es ilógico, debido a la diversidad de los problemas de la automatización, siendo mas importante la combinación flexible de estructura de niveles [96].

Abundando los sistemas de comunicación cerrados en el campo de la automatización [27][170][155][119][91][154].

### **1.3 Análisis de los Sistemas de Bus de Campo.**

Un aspecto fundamental en el desarrollo de la automatización lo constituyen los Sistemas de Bus de Campo, los cuales han sido responsabilizados como sistemas de comunicación abiertos y de tiempo real, para el apoyo al intercambio de datos de procesos dentro de la jerarquía de comunicación.

Desde inicios de los años 80 la **IEC (International Electrotechnical Commission)** estableció los requisitos para un sistema de Bus de Campo:

**-Objetivo:** Sustituir las señales analógicas (4-20 mA, 24 V. etc.) existentes en el campo.

**-Tipos de participantes:** Arrancadores de motores, motores por pasos, sensores, contactores, simples controladores etc.

**-Cantidad de participantes:** Un máximo de 30

**-Suministro de energía:** A través de los conductores del Bus

- (50 mW por equipo) o por separado.
- Medio de transmisión:** Par de alambres trenzados (con o sin apantallado), cable coaxial o fibra óptica.
  - Distancias:** Para velocidades de señalización bajas hasta 1500 metros y para altas menos de 350 m (150 -10000 mensajes/s).
  - Tiempos de respuesta:** Típicos de 20 ms.
  - Control de acceso al Bus:** Centralizado o Descentralizado
  - Configuración:** Preferiblemente hacerla a través de la línea
  - Facilidades:** Libre disponibilidad de acople y desacople de los participantes.

Las actividades desarrolladas alrededor de los Sistemas de Bus de Campo pueden ser divididas en tres grupos:

a) Sistemas de Bus de Campo cerrados, dados por firmas o entes particulares; pudiéndose citar como ejemplos:

-**BITBUS** de la **INTEL** [80][82][83], ha sido ampliamente utilizado y es amparado por el estándar de la **IEEE 1118**.

-**Philips PDL 1000** [136][78].

-**TUM-Bus**, Universidad Técnica de Magdeburgo [71][153].

-**CAN-BUS (INTEL, Bosch)** [84][73][99].

-Así como otros Sistemas de Bus de Campo: **Phoenix**[86], **Siemens**[87], **AEG**[9], **AnalogDevices**[27], **Siemens**[155], **Brown Boveri**[119], **Klockner Moeller**[91], **DIN/PDV**[171].

b) Sistemas de Bus de Campo abiertos, amparados por normas nacionales, tales como:

-**ISA-SP 50 (USA)**[158], propuesto por la **ISA (Instruments Society of America)** en mayo de 1989 .

-**PROFIBUS** (RFA)[138], propuesta en enero de 1988 y aprobada como estándar para Europa (**DIN 19245**).

-**MIL-STD 1553B** (GB)[51][30], es una norma existente desde 1968 y aplicada a partir de 1973 en los aviones.

-**FIP** (FRANCIA)[59], propuesta a principios de 1988.

-**DIN-MessBUS** (RFA)[114], propuesta en 1987 y corregida en 1989 .

c) *Sistemas de Bus de Campo que se han convertido en estándares internacionales (mediante la constitución de grupos o clubes internacionales entre firmas de diferentes países).*

-**PROFIBUS** [54].

-**ULL** (Unified Link Layer)[125], es un Bus unificado de las Firmas Siemens(RFA) y Rosemount(GB) .

-**FIP** [59].

-**ISA-SP50** [158].

*Entre las actividades desarrolladas, para la búsqueda de normas internacionales para Sistemas de Bus de Campo abiertos, se pueden citar los siguientes hechos:*

-La **IEC** (International Electrotechnical Commission) creó el grupo de trabajo SC65CWG6, en 1986, para definir un Bus de campo. Los trabajos se basan en los requerimientos establecidos por la **IEC** [79] y ha sido empleada hasta ahora como base del mismo la propuesta de la **ISA SP50** ,esta une los elementos esenciales de las normas nacionales, en especial del **PROFIBUS**.

- **EUREKA** es un comité creado por un grupo de 6 países

Europeos (Gran Bretaña, Italia, Alemania, Francia, Finlandia y Noruega) en la búsqueda de un Bus de Campo.

- **World-FIP[60]**, es una organización con un total de 65 firmas (de ellas 49 Francesas, 14 Italianas, 1 Alemana y 1 Belga) han unido sus esfuerzos alrededor de este Bus de Campo .

- **ISP (Interoperable Systems Project)[60]** , fue formado para promover un nuevo Bus de Campo que trabaje más cerca de la organización de usuarios del PROFIBUS, siguiendo la línea de la organización World-FIP. Se basa en el trabajo del PROFIBUS, pero con elementos extraídos del FIP, del HART (Fisher-Rosemount) y del original IEC-SP50.

Lo expresado confirma que **Reeve[141]**, **Babb[30]** y **Neuman[125]** equivocaron sus pronósticos sobre la aparición de un estándar universal de Bus de Campo a finales de los años 80.

Mientras que otros más realistas como **Kriesel, Gibas [96]**, **Vincent[170]** y **Reichwaldt[142]** vaticinaron que era muy temprano el desarrollo de los sistemas de comunicación y muy difícil abarcar en un estándar las tareas de la automatización.

La descripción técnica de algunos de los principales Sistemas de Bus de Campo se muestra a continuación:

### **BITBUS DE LA INTEL**

#### **a) Aplicación**

Fue especificado por la **INTEL** como uno de los primeros Sistemas de Bus de Campo, adoptado por la norma **IEEE 1118**.

#### **b) Magnitudes típicas**

Participantes: Máximo 28, pero con repetidores hasta 250.  
Velocidades de transmisión: desde 65.5 Kbits/s a distancias de

1200m, hasta 2.4 Mbits/s a 30m.

Medio: 2 hilos trenzados.

### **c) Características**

Arquitectura de Simple Master (Master-Slave).

Transmisión sincrónica y asincrónica.

El procedimiento de acceso al medio es mediante encuesta, emplea el formato SDLC en los telegramas.

Codificación de Bits: NRZ

Interfase eléctrica: RS-485 (ISO 8482) con aislamiento galvánico.

Transfiere mensajes con un máximo de 250 bytes de datos por estructuras con una sobrecarga de 13 bytes.

### **d) Implementación**

La misma es lograda mediante los CI 8044 y 80C152 de la INTEL.

### **CONTROLLER ÁREA NETWORK (CAN)**

#### **a) Aplicación**

Originalmente fue diseñado para la construcción de redes internas en los automóviles, pero su protocolo ha ido ganando en aceptación para el control industrial.

#### **b) Magnitudes típicas**

Participantes: Máximo 100

Velocidades de transmisión: 76 Kbits/s a distancias de 400m., hasta 1 Mbit/s a 30m.

Medio: dos hilos trenzados.

Tiempo de espera (alta prioridad): 3.5 ms max.

Máxima probabilidad de error de  $10 \text{ E-}8$ .

#### **c) Características**

*Arquitectura Multi-Master.*

*Empleo de un protocolo especial.*

*Codificación de Bits: NRZ*

*Control de acceso al medio: Espontáneo con prioridades (CSMA/CD).*

*El mismo está diseñado para transferir mensajes con pocos datos (8 bytes por estructura), aunque tiene una sobrecarga por estructura de 44 bits.*

*Formato del Telegrama: Entre 44 y 108 bits; 1 para el arranque, 11 para el nombre de la entidad, 7 de control, de 0 a 8 bytes de datos, 15 bits de CRC, 3 bits de confirmación y 7 bits para indicar el fin del mensaje.*

#### **d) Implementación**

*Emplea diferentes controladores integrados: 82526/-527 (INTEL), BCAN 80C200, e1 MC68HC705X4/16 (MOTOROLA).*

#### **PROCESS FIELD BUS (PROFIBUS)**

*Este Bus de Campo fue propuesto inicialmente por 13 Firmas y 5 centros de investigación de Alemania (desde 1987).*

#### **a) Aplicación**

*Para la dirección de procesos y la producción.*

#### **b) Magnitudes típicas**

*Participantes: Máximo 127, de ellos 32 estaciones activas.*

*Velocidad de transmisión: 500 Kbit/seg máximo.*

*Medio: par de hilos trenzados, longitud máxima de 1200 m. c)*

#### **Características**

*Arquitectura: Multi-Master/Master-Slave*

*Cumple con los niveles 1,2 y 7 de la OSI.*

*Asincrónico, con transmisión de datos fija y caracteres UART*

*Codificación de bits: NRZ*

*Interfase eléctrica: RS-485 (ISO 8482) con aislamiento galvánico.*

*Transfiere mensajes con un máximo de 246 bytes de datos por estructura con una sobrecarga de 20 bytes.*

*Seguridad de los datos: Bit de paridad/carácter, control de caracteres/telegrama, carácter de arranque especial y vigilancia del tiempo.*

*Control de acceso al medio: Híbrido, con Token passing para los participantes activos y mediante encuesta (Amo-Escavos) entre los activos y los participante pasivos.*

*Control del enlace: El intercambio de información se realiza cíclicamente o acíclicamente en los ciclos de mensajes.*

*El nivel de aplicación tiene una estructura modular:*

*-subnivel ALI (Application Layer Interface).*

*-Subnivel FMS (Fieldbus Message Specification).*

*-Subnivel LLI (Lower Layer Interface).*

#### **d) Implementación**

*El protocolo es desarrollado mediante software en cada procesador con interfases eléctricas RS-485, requiriendo de un temporizador adicional; el procesador que emplea es el V.25 (NEC); aunque ya el mismo puede ser cargado en micro códigos por el C.I 68302 (MOTOROLA).*

#### **Factory Instrumentation Protocol (FIP)**

##### **a) Aplicación**

*Comunicación en tiempo real para la dirección de procesos.*

**b) Magnitudes típicas**

*Participantes: 200 estaciones*

*Velocidad de transmisión: 1 Mbit/s (estándar), 31.25 Kbit/s o 2.5 Mbit/s (aplicaciones especiales).*

*Medio de transmisión: 4 hilos trenzados o fibra óptica con distancia máxima de 2000m.*

**c) Características:**

*El control de acceso al medio es centralizado (variante especial) y es implementado en un controlador del Bus.*

*Para el intercambio de datos las variables son caracterizadas mediante identificadores (admite hasta 24000), realizándose llamadas cíclicas acorde a una tabla.*

*Emplea servicios sin confirmación (Principio de dirección inicial), con repetición cíclica de demanda de datos, mediante servicios de aplicación .*

*Emplea una base de datos común para todos los equipos del campo, lo que permite reducir los costos, pero no toma en cuenta la operatividad de la comunicación.*

**d) Implementación**

*Para el mismo han sido desarrollados dos circuitos:*

*-FIPART (8920).*

*-FULLFIP (8922) el cual es un procesador con todas las funciones del protocolo del FIP.*

**ISA SP-50**

**a) Aplicación**

*Sustituir las señales de 4-20 mA por un Bus digital.*

**b) Magnitudes Típicas**

*Participantes: Máximo 127.*

*Velocidades de transmisión: 31.25 Kbit/s (1900 m.), 1Mbit/s (750 m.).*

*Medio: Par de hilos trenzados, cable coaxial, fibra óptica y radiocanal.*

### **c) Características**

*Cumple con los niveles 1,2 y 7 de la OSI.*

*Topología y acceso al medio:*

*-Arquitectura Simple-Master, mediante encuesta y controlador central del Bus.*

*-Arquitectura Multi-Master, con procedimiento de Token entre Master y esclavos con diferentes posibilidades: Token passing, Token de tiempo y Token de ranura.*

*Formato del Telegrama: 2 grupos compatibles*

*Seguridad de los datos: carácter de control/telegrama con 16 bits para telegramas normales y 32 bits para largos.*

*Control del enlace: El intercambio de mensajes se ejecuta cíclicamente o acíclicamente.*

*Versión Normal: 3 servicios con confirmación (LLC tipo 3).*

*Versión reducida: 2 servicios sin confirmación (LLC tipo 1).*

*Nivel de aplicación: muy parecido al PROFIBUS*

### **d) Implementación**

*Protocolo mediante software*

#### **ULL(Unified Link Layer)**

*Este Bus de Campo unificado es una propuesta presentada por Siemens y Rosemount.*

### **a) Aplicación**

Para la interconexión de instrumentos y el control de procesos.

#### **b) Magnitudes Típicas**

Velocidad de transmisión: 1 Mbit/s.

Medio: Cable coaxial (50 ohms).

#### **c) Características**

Se basa en los estándares **ISO 802.2** y **802.4**, empleando un ASIC (Gate Array) para realizar una parte de las funciones de comunicación.

El acceso al medio es mediante Token Passing (802.4) y el control del enlace lógico mediante el protocolo 802.2 en las variantes LLC tipo 1 (por software) y LLC tipo 3.

La seguridad de los datos es chequeada mediante CRC (ASIC).

En el nivel de aplicación se realiza el servicio **FMS (Fieldbus Message Specification)** mediante software.

Interfase eléctrica: **EIA RS 485 (ISO 8482)**

#### **d) Implementación**

Para ello emplea 4 elementos componentes:

-Un microcontrolador del tipo **8032 (8052)** para realizar las funciones de comunicación y el software de aplicación.

-El ASIC que trabaja como controlador del Token.

-Memorias: 32 Kbit de RAM (de doble puerto) y 32 Kbit de EPROM.

-Interfases de E/S.

#### **DIN-MessBUS (RFA) (DIN 66348)**

El DIN-MessBus fué instalado en los aviones de la RFA, emplea una variante de la RS-485 a cuatro hilos; también es conocido

como el Meter-Bus.

**a) Campos de aplicación**

Sistemas de depósitos de combustibles y en la producción.

**b) Magnitudes típicas**

Participantes: 32 (1 Master y 31 esclavos).

Velocidades de transmisión: máximo 19.2 Kbits/s.

Medio de transmisión: 4 hilos entrelazados a una distancia máxima 500 metros, con conectores de 15 terminales.

**c) Características**

Arquitectura de Simple-Master.

Codificación de Bits: **Código de 7 Bits** (UART reducido).

Interfase Eléctrica: **RS-485 (ISO 8482)** con variante de 4 hilos y aislamiento galvánico.

Control de acceso al medio: Centralizado, mediante encuesta cíclica bajo el principio de amo esclavo.

Formato de los telegramas: 132 caracteres, de ellos 128 de información.

Control del enlace: Orientado al enlace, con un bloque de datos por enlace.

Seguridad de los datos: Bit de paridad por carácter y control de caracteres en el telegrama.

**d) Implementación**

En cada procesador con interfase serie (UART) la misma es realizada mediante software, una adaptación es ejecutada en el producto **BASISBUS** del fabricante **MFP Wunstorff[131]**.

**TUM-Bus (Technische Universität Magdeburg)**

**a) Aplicación**

*Desarrollado en 1988, para emplearlo en la automatización de agregados.*

**b) Magnitudes típicas**

*Participantes: Puede direccionar hasta 128 canales, con 32 unidades como máximo.*

*Velocidades de transmisión: desde 9.6 Kbit/s hasta 28.8 Kbit/s, a distancias entre 100 y 1000 metros.*

*Medio de transmisión: 2 hilos entrelazados.*

**c) Características**

*Arquitectura de Simple-Master (Master/Slave).*

*La codificación de bits es NRZ y formato UART.*

*Emplea como interfases eléctricas: IFLS, V.24 y RS 485 con aislamiento galvánico.*

*El control del acceso al medio es mediante encuesta de los canales, empleándose un campo de datos entre 1 y 8 bytes, con una sobrecarga de 8 bytes por mensajes (2 de sincronismo, uno de dirección, uno de control, dos de CRC y uno de reconocimiento).*

*Está estructurado en 3 niveles del modelo OSI (1,2 y 7), logrando tiempos de reacción entre 20 y 200 ms para la medición, mientras que para el tratamiento de alarmas se logran tiempos entre 4 y 8 ms ;todo lo anterior a velocidades de 28.8 Kbit/s.*

*La seguridad de los datos se logra mediante 2 bytes de código cíclicos (CRC).*

**d) Implementación**

*En cada procesador con interfase serie (UART) la misma es*

realizada mediante software, empleándose un controlador de Bus en el master para liberar a la Host.

En las **Tablas #4 y #5** se muestra un cuadro con las principales características de estos Sistemas de Bus de Campo.

Entre los elementos mas comunes o distintivos a ellos se destacan los siguientes:

- Predominan las arquitecturas **Multi-Master y Simple-Master**.
- Todos utilizan la topología de Bus o lineal.
- El control del acceso al medio centralizado o determinístico es el que impera en sus dos versiones: **Token y Encuesta** ;con la excepción del **CSMA/CD** en la red **CAN**.
- El medio de transmisión preferido es el par de hilos trenzados, por su bajo costo y aceptable inmunidad al ruido.
- La interfase eléctrica predominante es la **RS-485** por su favorable inmunidad al ruido, además determina que la cantidad de participantes sea de **32** (sin repetidores).
- Las velocidades de transmisión oscilan entre **9.6 Kbit/s y 2.4 Mbit/s**, en dependencia de los requerimientos de la automatización: tiempo de respuesta y distancia entre los elementos del campo principalmente.
- La máxima cantidad de bytes por mensaje varia entre **8 y 256 bytes** por lo que podemos clasificar a los mensajes entre cortos y medianos para lograr los tiempos de respuesta requeridos.
- La máxima cantidad de bytes de encabezamiento o sobrecarga varía entre **5 y 20**.
- Los sistemas que emplean los procedimientos de acceso del

*tipo Token y CSMA/CD requieren de un soporte de hardware (controladores de comunicación) para la implementación del protocolo, mientras que los que emplean el método de Encuesta se basan en el uso de herramientas de software para la implementación del protocolo, sobre cualquier UART disponible en las unidades con microprocesadores o MCU.*

#### ***1.4 Características generales de la automatización en Cuba .***

*A partir del triunfo de la Revolución se realizaron numerosas inversiones industriales en diversas ramas de la economía nacional.*

*No obstante en nuestro país, la práctica ha demostrado que en las inversiones de plantas completas, no siempre se le ha conferido la importancia que requiere la evaluación del alcance y características técnicas de la automatización que se oferta (o proyecta), durante el proceso inversionista, lo cual puede conducir a una concepción atrasada del nivel de automatización y a la adquisición de medios de medición y control que están descontinuados en el momento de puesta en marcha [7].*

*Un análisis realizado, arroja el siguiente resultado: mas de un 30% de los instrumentos de medición y medios de automatización instalados se encontraban en mal estado técnico (falta de piezas de repuesto y otras causas) y aproximadamente el 20% de ellos habían sobrepasado los 15 años de explotación. Esta situación se empeora, ya que en el país prácticamente no existe una industria propia para la producción de instrumentos de medición y medios fundamentales de automatización. Consecuencia*

de ello es que de los 800-900 mil instrumentos de medición y medios fundamentales de automatización, cerca del 15 % han sido retirados de los procesos tecnológicos debido a su total deterioro [6].

La utilización de medios para sistemas superiores de automatización de producción nacional en los procesos tecnológicos es poco significativa, aún cuando algunas entidades han logrado introducir equipos que trabajan en regímenes informativos y asesores y también han logrado realizar el control digital directo con aplicaciones de medios importados y de producción nacional.

Entre ellos debemos destacar los sistemas de Supervisión y control distribuido siguientes:

**-SIDISCO [146], del ICID.**

Este es un sistema distribuido de Supervisión y control que permite visualizar mas de 4000 variables en el nivel superior (nivel 3). Disponiendo de Estaciones supervisoras de control de áreas (ESCA) y nodos o autómatas (NODOREM). Ha sido empleado en centros Biotecnológicos y en hoteles (CLIMACID).

**-SICEH [11], del ICIMAF** es un sistema de control distribuido orientado al control del área tecnológica de instalaciones hoteleras.

**-SEUS [62], del CEDAI**

Es un sistema distribuido con posibilidad de interconectar en una misma red una variada gama de autómatas y terminales remotas de control de diferentes protocolos de

comunicación, como por ejemplo: autómatas de la SIEMENS, TELEMECANIQUE, NODOREM etc.

-**SICRE [127] [128]**, sistema para el control de redes eléctricas que permite optimizar la operación de un despacho de carga.

-Proyecto **IBEROSOL [108]**, concebido para el desarrollo de sistemas de control distribuido de bajo costo para procesos tecnológicos de mediana y pequeña escala.

-**SIMMA XA [134]** el cual es un sistema modular de multi procesamiento a base de autómatas programables.

La región central del país se caracteriza por disponer de un gran número de instalaciones industriales y las mismas no son ajenas a las dificultades enunciadas inicialmente.

Sin embargo la provincia de Villa Clara ha ido ampliando el espectro en la producción de equipos e instrumentos de medición y/o control, módulos y equipos electrónicos; así como en desarrollo de pequeños proyectos de automatización por diferentes entidades.

Entre las empresas destacadas debemos señalar las siguientes:

**-EDAI (MINAZ)**

En sus líneas de producción y ensamblaje han sido producidos: módulos de señalización y alarmas para modernizar pupitres de automatización, sistemas automáticos para la limpieza de tandems, reguladores proporcionales, controles para centrífugas, módulos electrónicos para Sistemas de Medición y regulación etc. [57].

**-TECENERGO (MINBAS)**

Ha asumido el mantenimiento y reparación de complejos medios y sistemas de automatización en la región central de país, así como la producción de equipos electrónicos. También ha desarrollado controladores electrónicos de velocidad y un sistema de Supervisión para la Hidroeléctrica del Hanabanilla [168].

**-Universidad Central de Las Villas.**

A través de los departamentos de Automática, Electrónica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería Eléctrica en conjunto con los organismos de la región central se han desarrollado diferentes equipos y medios de automatización, pudiéndose citar: Controladores programables para procesos industriales (EDAI) [77], Secuenciador programable para centrífugas (MINAZ) [25], Automatización y control de transformadores de una subestación de energía eléctrica (Unión Eléctrica) [144], Sistema de Medición y Supervisión para la planta energética del Combinado Textil (MINIL) [52], módulos a microprocesadores y microcontroladores (TECENERGO) [126] [17], etc.

En general en nuestro país la mayoría de los trabajos han estado dirigidos a la introducción en la industria de sistemas centralizados que trabajan en régimen supervisor y algunos pocos en control digital directo.

**1.5 Requerimientos a un Sistema de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas.**

Entre los principales requerimientos a un Sistema de Medición de información están:

- 1) **Estructura**
- 2) **Obtención actualizada y regular de la información.**
- 3) **Seguridad en la transmisión de la información**
- 4) **Fiabilidad del sistema**
- 5) **Trabajo en tiempo real**
- 6) **Flexibilidad.**
- 7) **Configurabilidad y parametricidad.**
- 8) **Realización técnica a bajos costos.**

Con miras a definir las acciones mas adecuadas para la automatización de pequeñas áreas es necesario profundizar en estos.

#### **1) Estructura**

Según **Seifart [151]** y **Grillo [66]**, se presentan 4 tipos de arquitecturas básicas de los Sistemas de Medición, sin embargo en la actualidad varios autores como **Shandle[154]** y **Gyorky[73]** se refieren a un nuevo tipo con la aparición de los sensores inteligentes ; donde el procesamiento está incorporado junto con el sensor.

En la Fig.1.2 se muestran los 5 tipos básicos de estructuras, predominando los tipos 1 y 4, dado que aun se presentan dificultades con la producción de sensores inteligentes.

En el **Capítulo II** se realiza un análisis de la estas estructuras y se arriba a la conclusión de la necesidad de utilizar la estructura descentralizada o de Bus también en los sistemas de pequeña área.

#### **2) Obtención actualizada y regular de la información**

Uno de los requerimientos de la automatización en el diseño de un sistema es el tiempo de reacción o de respuesta, sin embargo no todos los sistemas tienen que ser rápidos (tiempos de respuesta inferiores a 20 milisegundos).

**Scholz [153]** obtuvo los tiempos de respuesta para algunas de ellas:

<b>Especialidad</b>	<b>Tiempo de Respuesta</b>
Robótica, Laminadores	1 ms.
Máquinas Herramientas	1 a 10 ms.
Control y Accionamiento	20 a 50 "
Medición de Fluidos	0.1 a 2 s.
Medición de Presión	0.5 a 10 "
Medición de Temperatura	5 a 100"
Otras mediciones	20"

Lo que indica que un Sistema de Medición debe estar caracterizado por tiempos de respuesta entre **100 ms y 10000 ms** (cualitativamente entre medianos y grandes).

Un aspecto importante es el de lograr una regularidad en la adquisición de la información (determinísticamente hablando), lo que a su vez permite una carga uniforme de los medios empleados en el sistema .

El autor realiza en el **Capítulo III** un análisis de los protocolos y demuestra la ventaja de emplear en los Sistemas de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas (acorde a nuestra situación) la arquitectura simple Master con el método de Encuesta ,trabajando a bajas velocidades de transmisión ( < 19200 bits/s) y distancias cortas (<300

m.). Confirmando que se satisfacen los requerimientos de obtención actualizada de la información y con una regularidad preestablecida; acorde con el comportamiento dinámico de las variables a medir.

### **3) Seguridad en la transmisión de información**

Un requerimiento técnico de suma importancia en todo Sistema de Medición de información es su precisión, por lo que la ejecución de mediciones de adecuada exactitud es fundamental en la ciencia y la técnica contemporánea y es una premisa necesaria de la automatización.

**Ledón [98]** en su trabajo analiza por separado los errores del subsistema desde el captador/transductor hasta el convertidor A/D en un sistema centralizado (antes de entrar en la computadora).

Sin embargo hoy en día prevalecen los sistemas descentralizados de medición, donde la información es digitalizada (con una alta precisión) y transmitida por un Bus digital serie; siendo necesario la adopción de medidas para preservar la información que fluye a través del medio de transmisión.

Para lograr el propósito de seguridad en la transmisión hay que considerar factores tales como:

- Selección del medio (hilos, coaxial, fibra óptica etc.)
- Selección de las interfases eléctricas (transmitir niveles de voltaje o corriente).
- Velocidades de transmisión acorde a las distancias entre los elementos y al medio empleado, para una seguridad dada.
- Disponer de métodos que permitan detectar la presencia de

información errónea, como herramienta que da una seguridad en la calidad de la información.

*Meissner [113] plantea que es necesario desarrollar códigos óptimos acordes a las características del canal, en dependencia a si se van a transmitir señales analógicas o binarias, las distancias, el medio, los tiempos de respuesta y la longitud del mensaje.*

*Sin embargo la decisión mas importante a adoptar radica en la selección del medio de transmisión, por las consideraciones de costo del sistema.*

*El empleo de señales de corriente, en vez de niveles de voltaje para la transmisión de la información, ayuda en los ambientes ruidosos y por ello ha predominado la RS 485.*

*Sin embargo, se demuestra en el **Capítulo III** que es posible utilizar la interfaz eléctrica RS 232 en sistemas descentralizados de medición para la automatización de pequeñas áreas, con una aceptable seguridad en la transmisión de información.*

*Demostrando además que con las nuevas facilidades que tienen los actuales receptores ,de los interfases de comunicación serie presentes en los microcontroladores, es posible lograr una mayor seguridad en la transmisión de información.*

#### **4) Fiabilidad del sistema**

*Con el desarrollo de las tecnologías de fabricación de circuitos integrados, analógicos y digitales, se ha incrementado enormemente la fiabilidad de los elementos componentes de un Sistema de Medición; en especial debe*

resaltarse el desarrollo de microcontroladores con convertidores A/D, además de otras interfases.

Uno de los aspectos mas criticados a la arquitectura de Simple Master (Amo-Esclavo) es su baja fiabilidad ante la falla de la unidad central (Amo), pero hoy en día los costos de las unidades centrales son ínfimos y no es ninguna dificultad tener una redundancia en ella.

Sin embargo esta arquitectura tiene la ventaja de que un fallo en uno de las unidades funcionales (esclavos) no repercute en el sistema, mientras que en la arquitectura Multi-Master, en especial con el empleo del Token, ante un fallo en una unidad se dificulta la transferencia del permiso y afecta al sistema.

**Rohbeck [145]** hace una comparación entre buses pasivos (topología lineal) y buses activos (anillo), llegando a criterios de confiabilidad superior en los de tipo anillo; pero en la práctica estos no son empleados porque no satisfacen completamente los requerimientos de tiempo de respuesta en aplicaciones particulares.

Como medidas estructurales para el incremento de la confiabilidad están: redundancia del Bus, de los acopladores y en el suministro de energía, pero esto encarece el sistema y es mejor adoptar medidas funcionales.

En los **Capítulos III y IV** el autor plantea medidas funcionales que permiten una alta confiabilidad con el incremento del nivel de supervisión en las unidades funcionales de medición, empleo de alarmas y control por parte de la unidad central.

## **5) Trabajo en tiempo real**

Los elementos componentes del sistema deben trabajar de forma sincronizada y con una misma referencia de tiempo.

En un sistema descentralizado, la adquisición y el procesamiento de las señales se realiza en las cercanías del captador, por parte de las unidades funcionales de medición (constituida por núcleos microprocesadores o microcontroladores).

**Ledón [98]** especifica que para obtener una alta calidad en la adquisición de la información, debe realizarse el muestreo de la señal a una frecuencia mínima considerada como:

$$F_{ms} \geq 5 * f_m \quad (1-1)$$

donde  $f_m$  es la máxima frecuencia de las componentes espectrales de cada señal analógica.

Equivale a plantear que el período de muestreo mínimo es de:

$$T_{ms} \leq 1/F_{ms} \quad (1-2)$$

Luego si se garantiza un muestreo diferenciado de cada señal, se lograría una información actualizada.

En el **Capítulo II** se defiende una variante de método de muestreo selectivo en unidades inteligentes de medición a base de microprocesadores y microcontroladores.

En especial desarrolla una opción para unidades de medición sin facilidades de tiempo real, mediante la implementación de un sistema con tiempo único; aspecto sobre el cual no aparece ninguna referencia en la bibliografía.

En el **Capítulo IV** se muestra la concepción y realización de un Sistema de Medición, trabajando en tiempo real.

## **6) Flexibilidad del Sistema**

*Esta no es mas que la capacidad del sistema de adaptarse a los cambios que se originen en el proceso y la topología de Bus de por sí permite la incorporación de nuevas unidades en cualquier parte del mismo, aunque no todos los sistemas emplean la misma forma de controlar el acceso al medio.*

*En el **Capítulo III** se muestran las ventajas del empleo de la topología de Bus, con control centralizado (Simple /Master), que permite una forma fácil de incorporación de nuevas unidades.*

*Un aspecto importante también está en la posibilidad del sistema de comunicarse con otros sistemas de nivel superior a través de la unidad central.*

#### **7) Configurabilidad y parametricidad**

*Uno de los requerimientos establecidos inicialmente a los Sistemas de Bus de Campo, es la posibilidad de configuración de todos los elementos componentes del sistema a través de la línea, sin necesidad de utilizar programadores especiales en cada una de las unidades [171].*

*También al cuantificar las características del flujo de información es necesario detallar: tipo de información (analógica o digital), el tipo de parámetro medido, el diapasón del parámetro (limites), frecuencia o tiempo con que se requiere la información etc.*

*Presentándose en el **Capítulo IV** un sistema que satisface los requerimientos enunciados con anterioridad y se desarrolla una novedosa herramienta que permite explotar las facilidades que ofrecen las nuevas generaciones de microcontroladores con el*

*modo de operación "Bootstrap", lo que facilita las tareas de configurabilidad y parametricidad de las unidades funcionales así como tareas de detección de fallas en estas unidades.*

#### **8) Realización técnica a bajos costos**

*Para seleccionar la estructura de un Sistema de Medición se puede buscar la optimización de cierto parámetro, que de forma objetiva o subjetiva se considere el mas importante, como por ejemplo el tiempo de respuesta, la seguridad en la transmisión etc.; sin embargo uno de los mas vitales a considerar es el de la factibilidad y este lo imponen los costos.*

*Debiéndose llegar a compromisos técnico - económicos en el diseño y la realización de un sistema de medición.*

*En el **Capítulo II** se realiza el análisis de algunos de los microcontroladores mas populares en los años 90 y desarrolla un software modular para su empleo como unidades inteligentes de medición en las cercanías de los captadores primarios, avalado por un profundo análisis económico de los mismos [49][37][169].*

*En un análisis realizado por **Güttler** [72] se muestra como el empleo económico de Sistemas de Medición con estructura de Bus de Campo repercute en un ahorro estimado de un 80 % en cables, 50% en gastos de proyecto y un 30% en materiales; además de las ventajas intrínsecas que produce la digitalización del valor medido en las cercanías del proceso.*

*Un criterio económico, llevó al autor a profundizar en la interfase eléctrica **RS 232**, la cual esta presente en millones de microcomputadoras y diversidad de equipos, proponiendo en el*

**Capítulo III** una red con esta interfase para Sistemas de Medición en áreas pequeñas, aspecto sobre el cual no se hallaron referencias en la bibliografía consultada, lo que evita utilizar módulos especiales en las microcomputadoras para aplicaciones industriales.

También en el **Capítulo II** se presenta el hardware y el software que permite a una unidad funcional trabajar con cualquiera de los dos interfases eléctricas en redes.

Otro criterio económico importante en un Sistema de Medición es la modularidad del mismo, o sea el empleo de módulos específicos como unidades funcionales.

En el **Capítulo II** se profundiza en los módulos ofertados en el mercado y se combina con el análisis de los microcontroladores, llegándose al diseño e implementación de un módulo con las consideraciones necesarias para su utilización como unidad funcional de un Sistema de Medición.

También se desarrolla el software de forma modular, para la comunicación y la adquisición de datos; permitiendo las facilidades de configurabilidad y parametricidad.

## **1.6 Conclusiones**

**1-En nuestro país como todo país en vías de desarrollo requiere de la renovación de los instrumentos , medios de medición y de automatización instalados, así como el empleo de medios para sistemas superiores de automatización en los diferentes procesos tecnológicos.**

**2-El significado económico de un Sistema de Medición y control yace en la posibilidad de trabajar sobre un proceso productivo en línea y permite una supervisión permanente de su eficiencia y calidad; por ello es de vital importancia el desarrollo de Sistemas con estructura de Bus de Campo en régimen supervisor como primer paso de la automatización.**

**3-Se puede afirmar que no hay una norma universal para los Sistemas de Bus de Campo debido a los variados requerimientos de la automatización ; siendo mas importante lograr una combinación flexible de estructuras de niveles dentro de la jerarquía de la automatización.**

**4-Un Sistema de Medición y Supervisión puede ser definido como un sistema lento ( tiempos de respuestas superiores a un segundo), que ofrece una información regular y actualizada, trabaja a bajas velocidades de transmisión ,con paquetes de información pequeños , alta seguridad en la transmisión de los datos, flexible a los requerimientos y con amplias facilidades a los usuarios para la configuración y operación del sistema .**

**5-En la mayoría de los Sistemas de Bus de Campo analizados prevalece el criterio de tiempos de respuesta pequeños, para**

*el empleo de controladores programables entre sus participantes, por lo que requieren de interfases de comunicación especiales y no aprovechan las facilidades de los interfases de comunicación serie presentes en millones de microcontroladores universales que se producen y que incluso participan en los sensores inteligentes.*

*6-El desarrollo de módulos pequeños con microcontroladores, utilizados como unidades de medición, permite un mayor acercamiento a los sensores y transductores.*

## **Capítulo II. Unidades Funcionales de Medición y Supervisión**

### **2.1 Introducción**

*En este capítulo se realiza un análisis de la constitución de las Unidades Funcionales de Medición, desde el punto de vista circuital (hardware) y funcional (software), buscándose una solución de bajo costo al problema planteado en el capítulo I, atendiendo a los requerimientos técnico económicos y las disponibilidades de base material existentes.*

*Este análisis se realiza en función de las tareas que deben desarrollarse por una Unidad Funcional de un sistema distribuido.*

***El objetivo esencial está en solucionar las exigencias de las Unidades Funcionales mediante el uso de microcontroladores , donde se empleen al máximo sus posibilidades y además se logre un mayor acercamiento de estas a los sensores y transductores.***

*La disponibilidad de microcontroladores (MCU) con convertidores analógico digitales, sistemas de conteo y temporización novedosos, unido a los nuevos desarrollos alcanzados en el acondicionamiento de señales con módulos individuales; permiten una mayor compactación y acercamiento al mundo analógico.*

*Considerando las características estáticas y dinámicas de las señales a medir se realiza el diseño e implementación práctica de una Unidad Funcional con microcontrolador, la cual sirvió como base a los experimentos y demostró cumplir con los requerimientos de modularidad, universalidad, flexibilidad, fiabilidad y utilidad.*

## **2.2 Adquisición de datos**

*Las funciones básicas en un Sistema de Medición y control incluyen:*

- Adecuación de las señales provenientes de los sensores**
- Aislamiento entre el mundo analógico y el digital.**
- Conversión A/D**
- Conversión D/A**
- Comunicación Hombre - Máquina y Máquina - Máquina**
- Procesamiento primario de la información**
- Almacenamiento de la información**
- Desarrollo de algoritmos de supervisión o control.**

*Las cuatro primeras son dependientes del hardware empleado, mientras que las cuatro últimas son generalmente funciones del software o del programa realizado; se observa de forma mas explícita en la Fig.2.1.*

*Básicamente se manifiestan 3 tendencias en la adquisición de datos (aunque parezca que hay muchas opciones): [152][27]*

- Utilización de microcomputadoras de propósito general con módulos incorporados para la adecuación de señales y adquisición de datos, su empleo es típico en aplicaciones donde los sensores están muy cercanos entre sí[120].**
- Descentralización de la adquisición de datos en las cercanías del proceso (Entrada /Salida distribuida). En ella son parte importante los módulos o Unidades funcionales; la distribución geográfica del hardware encuentra su contrapartida en la distribución del software, en la forma de Unidades funcionalmente independientes que se comunican a**

través de interfases bien definidas [69].

- **Utilización de equipos con "inteligencia" propia, los cuales son parte también de sistemas descentralizados de control.** Ellos son capaces de adoptar decisiones remotas, incluir opciones de interfaz con operadores y múltiples aplicaciones, prácticamente son microcomputadoras modulares específicas (utilizan microprocesadores de 16 y 32 bits) con altas capacidades de procesamiento y múltiples lazos de control [133][157].

En la **Tabla # 6** (Anexo II) se muestra un análisis comparativo entre estas tendencias y sus aplicaciones típicas, en ella se reafirma lo planteado en el Capítulo I en el sentido de que la segunda alternativa es la que generalmente ofrece la mejor solución a los Sistemas de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas ; en nuestras condiciones materiales y económicas también porque la misma permite un alto grado de libertad en la configuración y extensión ,presenta una firme tolerancia contra fallos ,optimiza el espacio y reduce los costos del mantenimiento[140].

La **Tabla # 7** (Anexo II) presenta las características generales de diferentes módulos desarrollados para algunos sistemas distribuidos, se observa que tanto unas como otras pueden estar constituidas por uno o varios módulos [27][32][156].

De la tabla anterior se observa que la adecuación de señales se realiza externa al módulo principal, ofreciendo posibilidades de ampliación (de acuerdo a los requerimientos) para lograr una mayor generalidad. Esto representa una limitación a la cercanía

de la Unidad inteligente al captador y se convierte en un pequeño subsistema centralizado (tipo estrella).

La estructura clásica en estos módulos para el multiprocesamiento analógico de señales es la serie paralela, la cual es mostrada en la Fig.2.2 a) y b) en sus dos formas:

-Captura simultánea, la cual es aplicable a aquellos sistemas en que varios canales pueden ser muestreados rápidamente (Tiempos de conversión  $T_c < 2 \dots 20 \mu s$ ).

-Captura consecutiva, es la mas sencilla y económica, al emplear un solo circuito de S/H asociado al convertidor A/D. Esta última es empleada en la mayoría de las Unidades inteligentes analizadas con anterioridad y la misma es recomendable siempre que los tiempos de muestreo ( $T_s$ ) de los canales analógicos sean suficientemente grandes en comparación con la duración requerida para la adquisición de la información, correspondiente a un ciclo de captura o medición ( $T_m$ ) de todos los canales.

La máxima frecuencia de la señal de entrada (mas dinámica) deberá ser menor que:

$$f_{max} < 1/(3..5) T_m \quad (2-1)$$

o lo que es lo mismo ,el menor tiempo de muestreo de la señal deberá ser mayor que:

$$T_{smin} > (3...5) T_m \quad (2-2)$$

### 2.2.1 Hardware

Con el advenimiento del microprocesador y su posterior evolución el microcontrolador, se le ha dado una mayor

facilidad al diseñador de sistemas, para distribuir las funciones de medición y control a través del campo del Sistema de Medición.

Con el surgimiento de los microcontroladores (MCU) o microcomputadoras en un chip (SCM) a finales de los años 70 y su posterior evolución en la década de los 80 se han abierto las facilidades para el control incorporado a todas las esferas de actividad del hombre[68][37].

Entre sus principales ventajas están:

- **Reducción del costo en componentes y ensamblaje del sistema**
- **Reducción del tiempo de diseño.**
- **Reducción del tamaño del sistema.**
- **Reducción drástica del consumo de energía.**
- **Mejoría del funcionamiento al incorporar nuevas facilidades.**
- **Incremento de la fiabilidad del sistema.**

Se ha calculado que cuando los microcontroladores pueden ser utilizados en sistemas incorporados reducen el costo por un factor entre 10 y 100 veces [150][42][43].

Ofertándose hoy en día en el mercado una amplia gama de MCU de 4,8,16 y 32 Bits por la mayoría de las grandes firmas comerciales de componentes electrónicos.

En la **Tabla # 8** (Anexo II) se muestra un análisis de la producción mundial de microprocesadores y de microcontroladores entre 1988 y 1993 [169][159]. Apreciándose en ella que el mayor peso en el mercado lo tienen los microcontroladores de 4 y 8

*Bits* , debido a su bajo costo y amplio espectro de aplicaciones: Comunicaciones, Industria, Equipos de amplio consumo, oficinas, armamentos etc.

En la **Tabla # 9** (Anexo II) se muestran también las principales firmas que dominan la producción mundial de microcontroladores y entre ellas controlan el **70 %** del mercado, las firmas japonesas dominan la producción de MCU de 4 Bits y las norteamericanas controlan la de 8,16 y 32 Bits. Entre las facilidades que ofrecen los MCU de las nuevas generaciones para su empleo en las Unidades Funcionales de Medición están:

- Capacidades de memoria de programa (ROM, EPROM, EEPROM) que puede alcanzar hasta decenas de Kbyte (trabajando el MCU en modo simple chip) .**
- Capacidades de memoria de datos (SRAM, NVRAM, EEPROM) desde algunos byte hasta decenas de Kbyte (trabajando el MCU en el modo simple chip) .**
- Aumento de las velocidades de trabajo, con ciclos de instrucción de menos de 500 ns y repertorio de instrucciones poderosos (por ejemplo multiplicación y división).**
- Empleo de tecnología HCMOS, reduciendo drásticamente el consumo de energía ; con voltajes de +5 y +3.3 V.**
- Cuentan con varios puertos de E/S digital.**
- La mayoría poseen alguna estructura de temporización para su sincronización con el mundo real. Contando con uno o mas contadores de 16 bits en corrida libre y con funciones de entradas de captura y salidas de comparación.**

- La mayoría dispone de interfases de comunicación serie asincrónico (UART) y algunos sincrónicos.
- Incorporan convertidores analógico digitales (A/D) de 8,10 y 12 Bits con varios canales analógicos.
- Incorporan convertidores digital analógicos (D/A), aunque la mayoría ofertan salidas moduladas por ancho de pulso (PWM); lo cual da facilidad a salidas analógicas.
- Poseen circuitos de vigilancia (watchdog) para el control del software.

Así como otras facilidades para la excitación de visualizadores de cristal líquido y LEDES, controladores de acceso directo a memoria etc.

En las **Tablas # 10 y #11** (Anexo II) se resumen las principales características de algunas de las familias de microcontroladores de 8 y 16 Bits mas difundidos [121][122][137][61][176][80][85][81][116][161].

La existencia de microcontroladores con estas características ofrecen soluciones, con mínimos recursos y bajos costos, para la adquisición y el procesamiento de datos en la automatización de pequeñas áreas. Permitiendo un mayor acercamiento de las Unidades Funcionales a los sensores y transductores, que lo que se podía lograr con los microprocesadores.

#### **2.2.1.1 Acondicionamiento de señales**

En el acondicionamiento de señales han predominado dos tendencias:

- Disponer en el mismo módulo de la Unidad Funcional de amplias

posibilidades de adecuación de señales de diversa índole, lo cual limita las aplicaciones, pero reduce el tamaño. -Tener en diferentes módulos, diferentes tipos de circuitos adaptadores de señales, ofreciendo un mayor espectro; pero incrementando el tamaño de la Unidad.

Los microcontroladores permiten un mayor acercamiento al sensor y esto permite la adecuación individual de las señales y no por conjuntos de estas, tal como se muestra en la Fig.2.3.

Los módulos acondicionadores de señales simples son herramientas útiles para los usuarios de sistemas, pues ofrecen una mayor flexibilidad en el diseño y en las modificaciones, ajustes y ampliaciones que haya que realizar al sistema [172] [48].

En la **Tabla # 12 (Anexo II)** se muestran las características fundamentales de diferentes tipos de módulos ofertados por **ANALOG DEVICES [28]**.

En los Sistemas de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas, donde están presentes pocas señales por puntos de medición, lo más adecuado es el desarrollo de Unidades inteligentes de tamaño pequeño y que permitan el empleo de acondicionadores de señales individuales con el objetivo de lograr un verdadero acercamiento al sensor y una mayor flexibilidad al sistema.

### **2.2.2 Software**

**Seifart [152]**, establece que la descentralización de la

adquisición de datos trae como consecuencia el aumento del gasto de software y el aumento de las exigencias al mismo, diferenciando de forma general diferentes niveles o etapas en el software que se emplea en una Unidad Funcional de medición:

**1er.Nivel**- Software para la atención al acondicionamiento de las señales de los sensores para su entrada al convertidor A/D (amplificación, límites, gama de medición etc.).

**2do.Nivel** - Software para la conversión A/D.

(A/D, conteo, determinación de intervalos de tiempo, etc.)

**3er.Nivel** - Software para el procesamiento primario de los datos.(Conversión a unidades de ingeniería, normalización, corrección de offset, linealización etc.)

**4to.Nivel** - Software para la aplicación en la Unidad. (Combinación de múltiples canales, filtrado, observación de valores límites, almacenamiento de datos etc.)

**5to.Nivel** - Software para el protocolo de comunicación con el nivel jerárquico superior (dependiente del hardware empleado).

En la generalidad de los casos no están presentes ni todos los niveles ni todas las funciones que se pueden desarrollar mediante el software.

El software de las Unidades Funcionales de Medición debe cumplir con los requerimientos de Modularidad, Universalidad y adaptabilidad y Manipulación sencilla.

La modularidad del software permite una adecuación del mismo a las exigencias del proceso, en especial para satisfacer los requerimientos de universalidad y adaptabilidad a diferentes tipos de sensores, a diferentes tareas de procesamiento

primario de los datos y a diferentes funciones de aplicación. Sin embargo el requerimiento de manipulación sencilla es a nuestro entender uno de los mas importantes, pues los usuarios desean generalmente evitarse el desarrollo de software y llegar a la implementación del sistema sin necesidad de conocimientos especiales [157][56].

Con respecto a este último aspecto se han desarrollado diferentes técnicas:

**-Programación de funciones fijas específicas**

Se incluyen en el programa de la Unidad Funcional todas las funciones que va a realizar la misma de acuerdo al proceso; pero esto le quita generalidad al sistema y habría que programar cada Unidad en dependencia del proceso.

**-Programación de funciones fijas en memoria EPROM y carga del programa principal en memoria NVRAM o EEPROM,** donde se realizan llamadas a las subrutinas con las funciones que se desean realizar en la Unidad; tal como se muestra en la

Fig.2.4. Pero esto trae consigo requerimientos de gran cantidad de memoria ocupada y no totalmente utilizada.

**-Programación libre de la Unidad.**

Es típico de los autómatas programables, donde la Unidad dispone de gran capacidad de memoria para albergar un compilador y la misma es programada en lenguaje de alto nivel o en pseudo lenguajes (mediante el empleo de programadores especiales o con ayuda de una microcomputadora).

Una nueva estrategia es desarrollada por el Autor en este trabajo que se basa en tener en la memoria de programa el

**software que organiza el proceso, el que ejecuta el proceso y las diferentes funciones que se desean realizar en la Unidad.**

Durante el ciclo de configuración de la Unidad , esta recibe la información de como se va a desarrollar el proceso (almacenándola en RAM ó EEPROM) y el organizador le pasa al ejecutor la información de control necesaria; tal como se muestra en la Fig.2.5.

Esta opción solo requiere de una cantidad mínima de memoria de datos para almacenar los datos, parámetros y byte de control de las funciones y a su vez permite una buena flexibilidad a la Unidad, pues el ejecutor solo realiza las funciones indicadas con los requerimientos de tiempo establecidos.

Es importante señalar que esta forma organizativa es independiente del hardware existente.

Otro factor importante en el trabajo de una Unidad Funcional es la disposición o no de estructuras de temporización, para su sincronización con el mundo real; dicho en otras palabras: posibilidades de trabajo en tiempo real.

Las Unidades pueden ser divididas en dos grandes grupos:

**a) Las que no tienen facilidades de trabajo en tiempo real**

**b) Las que disponen de facilidades de trabajo en tiempo real**

¿Como resolver la situación en las Unidades de Medición que no tienen dichas facilidades y que se desea trabajar con ellas en un sistema distribuido?

En la literatura consultada no se hallo ninguna referencia ello, sin embargo el Autor desarrollo 2 formas que fueron implementadas con buenos resultados [13][14][52].

1) *Utilizando un elemento externo a la Unidad de medición que indique el tiempo, y mediante la comunicación serie se logra la sincronización con el mundo real realizando a continuación cada Unidad las funciones requeridas en tiempo.*

2) *Utilizando un elemento externo a la Unidad que le solicite los datos, en una secuencia fija de tiempo y posteriormente a la entrega de estos, realizar la secuencia de funciones requeridas en tiempo.*

*Mediante la primera opción se utiliza una indicación de tiempo precisa y el muestreo de las señales se realiza acorde con los tiempos de muestreo establecidos, mientras que en la segunda opción se entregan los datos anteriores ,lo cual es perfectamente aplicable a señales lentas; por ejemplo la temperatura de cristalización de azúcar con una  $f_m=0.001$  Hz puede ser muestreada cada 3 minutos.*

*En el caso de las Unidades Funcionales de Medición con facilidades de trabajo en tiempo real, solo basta con organizar la selección del tiempo requerido para realizar la adquisición de cada señal en el ciclo de medición designado.*

*Grillo [67], en la organización del proceso de muestreo de canales analógicos con captura consecutiva, se refiere a otras dos opciones adicionales:*

*1-Realizar la adquisición de cada señal en el ciclo de medición en que resulte imprescindible, atendiendo al criterio de calidad del muestreo seleccionado*

*2-Tomar muestras de cada señal, cumpliendo con el criterio de calidad seleccionado para la adquisición, pero no*

*necesariamente en el ciclo de medición correspondiente, sino en el que resulte adecuado a fin de equilibrar la cantidad de señales a muestrear en cada ciclo de muestreo de canales.*

*En la primera forma cada señal es procesada exactamente en el ciclo de medición en que se necesita tomar información, de acuerdo con su tiempo de muestreo  $T_s$ . Ello implica que la duración empleada para la adquisición de datos en cada ciclo de medición va a ser diferente; el número de señales muestreadas en cada ciclo variará desde  $k$  hasta  $n$ , siendo  $n$  el número total de señales y  $k$  el número de señales que resulta obligado muestrear en todos los ciclos.*

*Esto aparentemente aumenta la complejidad del software, aunque en este trabajo se muestra una forma sencilla de lograrlo.*

*La segunda es una variante intermedia entre la anterior y la clásica, que pueden ser consideradas como extremas.*

*En ella se toma como objetivo minimizar e igualar en todos los ciclos el número de señales a procesar en cada ciclo de medición sin incumplir por exceso con el período de muestreo de cada señal.*

*Pero esta forma requiere de un software específico para cada Unidad de Medición, lo cual puede restarle generalidad y flexibilidad para diferentes aplicaciones, aunque no cambia el hardware.*

*Para tener el sistema información actualizada, la recolección de datos debe realizarse con la periodicidad requerida ( $f_s > 3.5 f_m$ ) y unido a ello el procesamiento primario de la información*

*;lo cual es típico de las señales analógicas.*

*Mientras que la información proveniente de las entradas digitales puede ser recolectada por solicitudes de interrupción, al arribar estas al sistema o por cambios en su estado; mas que periódicamente.*

## **2.3 Unidades Funcionales de Medición y Supervisión**

### **2.3.1 Definición del problema**

*Una Unidad Funcional de Medición y Supervisión para que sea flexible y adaptable debe de forma general ejecutar las siguientes funciones:*

- a) Desarrollar en tiempo real un algoritmo que permita la adquisición de datos provenientes de los canales analógicos, atendiendo a la calidad del muestreo seleccionado.*
- b) Ejecutar la medición de tiempo o frecuencia y el conteo de pulsos en los canales designados.*
- c) Ofrecer información sobre el estado de las señales de entrada digitales y actualizar sus salidas en los canales seleccionados.*
- d) Almacenar la información correspondiente a cada canal de medición para conformar el paquete.*
- e) Alertar al nivel jerárquico superior ante cualquier situación anormal presentada.*
- f) Transferir al nivel jerárquico superior el paquete de información que este solicite.*
- g) Reconfigurarse de acuerdo con la información recibida del nivel superior ,para cumplir con las funciones a),b),c),d) y e).*

### **2.3.2 Alternativa para su solución**

*En la Fig.2.6 se presenta el diagrama en bloques de los elementos que conforman una Unidad de Medición y Supervisión "inteligente" en su forma mas general (sin considerar los elementos de recolección y de acondicionamiento de la información).*

*Los elementos componentes pueden ser hallados en forma discreta y esto posibilitaría hacer una selección de cada uno de ellos ;pero esto repercute en el incremento de los costos, reduce la fiabilidad de la Unidad, aumenta sus tamaño, aumenta su consumo y aleja la Unidad del sensor.*

*Al existir todos estos elementos en forma integrada, se posibilitan soluciones con mínimos recursos y a bajísimos costos.*

*El problema radicaría en la selección del tipo, modelo o variante de microcontrolador (MCU) mas adecuado para estas Unidades de Medición y Supervisión.*

#### **2.3.2.1 Criterios para la selección del Microcontrolador**

*En la selección del microcontrolador varios elementos deben ser considerados, pues cada aplicación tiene sus requerimientos de longitud de palabra, funciones a realizar, tiempos de ejecución y costos [15].*

*En el caso de una Unidad de Medición y Supervisión las funciones a realizar en ella son determinantes en la selección del MCU, especialmente la adquisición de datos provenientes de señales analógicas donde se requiere un convertidor A/D.*

Quedaría por determinar cual debe ser la resolución del convertidor: 8 Bits, 10 Bits ,12 Bits o 16 Bits.

Es conocido que en la medida que se incrementa la resolución del convertidor se reduce el error de cuantización; pero como se muestra en la Fig.2.3, este solo no forma parte del canal de medición.

Luego lo importante a considerar es el % de error total no ajustable del canal mas probable:

$$\delta = \frac{1}{2} (Es^2 + Ea^2 + Ec^2) \quad (2-3)$$

Donde **Es**- % de error del sensor

**Ea**- % de error del acondicionador

**Ec**- % de error del convertidor

Para un error total inferior al 2.5% (caso muy normal en instalaciones industriales) es perfectamente factible el empleo de convertidores A/D de 8 Bits, aunque es mejor aun trabajar con 10 Bits.

También en el caso de una Unidad de Medición pesan las facilidades de almacenamiento de información, memoria SRAM y/o EEPROM .En especial esta última para el almacenamiento de tablas que permitan retener la información. Hasta el presente solo los MCU de 8 Bits disponen de facilidades de memoria EEPROM.

El tiempo de ejecución de las operaciones, no es determinante en este tipo de Unidades Funcionales, producto de que ellas trabajan con señales cuyos tiempos de muestreo son del orden de segundos y cualquiera de ellas realiza ciclos de instrucción de

menos de 500 ns.

Si se unen los criterios de costo y funcionalidad, veremos que los microcontroladores de 8 Bits ocupan una posición superior (según estimados ocuparon el 64% del mercado total de MCU en 1993), ofertándose a precios muy favorables, con una mejor integración de los elementos y hasta algunos tienen funciones superiores o análogas a los de 16 Bits.

En la **Tabla # 13 (Anexo II)** puede realizarse un análisis comparativo de costos de algunos de los MCU mas ofertados en el mercado [149]. De ella puede apreciarse que los de 8 Bits de la MOTOROLA son los de bajos precios y es normal dado que esa firma es la principal productora mundial de MCU.

#### **2.3.2.2 Diseño circuital de la Unidad.**

Se realizo un análisis entre los microcontroladores de 8 Bits difundidos : **80C51, Z80180 y 68HC11**, inclinándose los resultados por el **68HC811E2** que posee las posibilidades siguientes:

- 2 Kbyte de Memoria EEPROM
- 256 byte de Memoria SRAM
- 8 canales analógicos y un convertidor A/D de 8 Bits
- Amplio repertorio de instrucciones
- 1 contador de 16 Bits con 4 entradas de captura y 4 salidas de comparación.
- Facilidades de trabajo en tiempo real
- Múltiples niveles de interrupción.
- 4 Modos de operación.

Además de tener las posibilidades anteriores, el mismo es

ofrecido a costos mucho mas bajos que sus similares en el mercado.

En la Fig.2.7 se muestra el esquema circuital del módulo microcontrolador diseñado e implementado con el **68HC811E2**, al cual le hemos denominado módulo **MCU-1**.

En la Fig.2.8 aparece el Mapa de Memoria y puertos asignados en dicho esquema, para el modo de operación extendido del MCU, donde se emplea decodificación parcial.

El sistema fue diseñado para trabajar con diferentes capacidades de memoria externa:

**-Hasta 8 Kbyte de EPROM (E000H - FFFFH)**

**-Hasta 32Kbyte de SRAM/EEPROM (0000H - 7FFFH)**

En la Fig.2.7 puede ser observado como están disponibles en el conector JP2 todos los terminales de los puertos de E/S digital , las 8 entradas analógicas, 4 entradas de captura (Conteo/Tiempo) y las 4 salidas de comparación (PWM). En el sistema se emplea un 6522A (VIA) para recuperar los puertos B y C del MCU (se utilizan en el modo extendido en el bus de direcciones y datos).

El módulo **MCU-1** puede ser acoplado a una red de comunicación de datos o a una microcomputadora mediante el subsistema de comunicación serie asincrónico (SCI), a través del circuito de acople **MAX 242/MAX 232** (interfaz TTL- RS 232).

También dispone de facilidades para el acople de un display de cristal liquido (LCD) y un teclado de 24 teclas; mediante el conector JP1[17].

En la Fig.2.9 se muestran las dimensiones reales y la

distribución de las componentes en el módulo MCU-1; disponiéndose de diferentes postes (jumpers) que le dan generalidad al mismo: trabajar en los 4 modos de operación del MCU y poder utilizar diferentes tipos de memorias externas.

El módulo MCU-1 fue desarrollado con doble objetivo:

- Utilizarlo como Unidad Funcional de medición
- Emplearlo como tarjeta de propósito general para el entrenamiento y puesta a punto de programas (sistema de desarrollo).

### **2.3.2.3 Diseño funcional de la Unidad**

Independientemente del tipo de microcontrolador se trazó una estrategia de trabajo para las Unidades de Medición y Supervisión, de forma tal que estas realizaran las funciones definidas con anterioridad y se explotaran las facilidades presentes en los MCU.

El algoritmo general de trabajo de una Unidad puede representarse mediante el diagrama de flujo de la Fig.2.10, donde se aprecian en el mismo tres partes:

- Inicialización de la Unidad**
- Organización del trabajo y activación de la Unidad**
- Ejecución del trabajo por interrupción (Tiempo real)**

La parte correspondiente al programa que organiza el trabajo de la Unidad se representa mediante el diagrama de flujo de la Fig.2.11 y en el mismo se realizan las siguientes funciones:

- a) **Almacenar en RAM la información correspondiente a los canales analógicos activos.**
- b) **Determinar el mínimo tiempo para el trabajo con la**

*interrupción de tiempo real, acorde a los tiempos de muestreo recibidos para los canales analógicos.*

- c) Almacenar en RAM los canales digitales de entrada activos con sus características correspondientes.*
- d) Sacar la información correspondiente por el puerto de salida digital.*
- e) Determinar los canales de entrada de captura activos , definir si son de conteo o Temporización y prepararlos para el trabajo por interrupción .*
- f) Fijar la bandera que indica que la Unidad ha sido configurada.*
- g) Habilitar el trabajo por interrupción.*

*La ejecución del trabajo en la Unidad se basa en el empleo de las potencialidades de la interrupción, existentes en los MCU. De acuerdo a su prioridad se desarrollaron las subrutinas siguientes:*

- 1) Comunicación (Máxima Prioridad)**
- 2) Adquisición**
- 3) Capturas**

*La subrutina de Comunicación responde al protocolo desarrollado para el sistema y la misma es abordada en los **Capítulos III y IV** de este trabajo.*

*El programa denominado Adquisición esta desarrollado acorde al diagrama de flujo de la Fig.2.12 y en el se pueden apreciar las funciones siguientes:*

- a) Se da máxima prioridad a la comunicación*
- b) Chequeo de las entradas digitales para determinar si están*

activas ,si es así se envía la señal de alarma al nivel superior .

- c) Realizar el proceso de adquisición ,validación y filtrado de las señales analógicas , acorde con los tiempos de muestreo establecidos .
- d) En caso de una situación de alarma se envía la señal indicadora al nivel superior.

El programa de Captura se desarrollo acorde al diagrama de flujo de la Fig.2.13 y en el se distinguen dos funciones:

- a) Analiza si el servicio es para el conteo de pulsos o para la medición de tiempo.
- b) Si es indicada la medición de tiempo determina si es la primera o segunda interrupción para ejecutar los cálculos.

Tanto en el programa de adquisición como en el de captura, se almacena y actualiza la información correspondiente a cada canal, conformándose el paquete de información que se envía al nivel superior .

La programación para la Unidad se realizó en lenguaje ensamblador del 68HC11, lo que permitió comprobarlo y validarlo en el módulo MCU-1 .El listado del programa con los comentarios necesarios aparece en el Anexo IV.3 ;donde no se incluye la subrutina de auto chequeo completa al depender esta de la estructura del hardware que soporta el sistema.

El programa de la Unidad ocupa un total de **1075 Byte** y **requiere de menos de 256 Byte de memoria datos**, demostrando puede ser implementado en el 68HC811E2 trabajando en el modo de **Operación Simple**; sin necesidad de ningún elemento externo).

### **2.3.3 Resultados prácticos**

*La Unidad Funcional de Medición y Supervisión caracterizada en los puntos anteriores fue comprobada totalmente con resultados satisfactorios en el Laboratorio, simulando las señales analógicas mediante fuentes de tensión variables y resistores en serie que ofrecen una situación muy similar a la de las salidas que tienen los transductores reales, y las señales de frecuencia con generadores de pulsos (1 - 100 KHz).*

*Primero se hicieron pruebas individuales con pocas señales y al final con la Unidad a máxima carga (8 canales analógicos, 4 de entrada de captura y 16 E/S digitales) con una interrupción de tiempo real de 4 ms y un período de muestreo de 1 segundo por el nivel superior.*

*Además el módulo MCU-1 ha sido empleado como Unidad de Medición independiente en diferentes equipos desarrollados en nuestro centro: **Supervisor de Parámetros Energéticos (ANELEC), Temporizador programable para Riego (SPRINTI), Secuenciador programable para Centrífugas de azúcar, Tensodiag, Sistema de Medición de parámetros de soldadura, Controlador digital etc.***

### **2.3.4 Evaluación económica**

*En la **Tabla #14** (Anexo II) se muestra el listado de componentes y precios que utiliza el módulo MCU-1, si se considera el costo del circuito impreso, el total no sobrepasa los **\$100.00 USD**.*

*Si esa misma Unidad Funcional fuera a desarrollarse con el sistema microprocesador Z80 y con potencialidades análogas a la del 68HC811E2, entonces se requerirían las componentes indicadas en la **Tabla #15** (Anexo II). Observe que el costo en*

*componentes es casi el doble del costo total del módulo MCU-1, si a eso se le añaden las otras componentes que se requerirían, conectores y circuitos impresos; entonces el costo del mismo se multiplicaría.*

*En la misma **Tabla # 15** se muestra una oferta de un sistema Z80 con esas características para que se tenga una idea del costo total.*

#### **2.4 Conclusiones**

**1-La descentralización de la adquisición de datos en las cercanías del proceso ofrece la mejor solución a los Sistemas de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas, en nuestras condiciones materiales y económicas, pues permite un alto grado de libertad en la configuración y extensión , presenta una firme tolerancia contra fallos y optimiza el espacio.**

**2-La organización del proceso de muestreo de los canales analógicos en una Unidad Funcional de Medición flexible debe posibilitar la adquisición de cada señal en el ciclo de medición en que resulte imprescindible, atendiendo al criterio de calidad del muestreo seleccionado y con mínimos gastos de software.**

**3-El software de las Unidades Funcionales de Medición debe satisfacer el requerimiento de manipulación sencilla, para que los usuarios lleguen a una rápida instalación y puesta en marcha del Sistema de Medición. Para posibilitar esto se desarrolla una nueva concepción en la organización del proceso de adquisición, el procesamiento primario de datos**

y de aplicación que permite una buena utilización de las facilidades de una UFM, teniéndose en la memoria de programa un pequeño software para la organización y otro para la ejecución, acorde con las diferentes Funciones que recibe la Unidad durante el ciclo de Configuración.

4-La disponibilidad de microcontroladores ofrece una solución, con mínimos recursos y a un costo muy bajo, para la adquisición de datos ,su procesamiento y aplicación. Tomando en consideración los criterios de costo y funcionalidad podemos afirmar que los microcontroladores de 8 Bits son los mas adecuados para la implementación de Unidades Funcionales de medición en la automatización de pequeñas áreas.

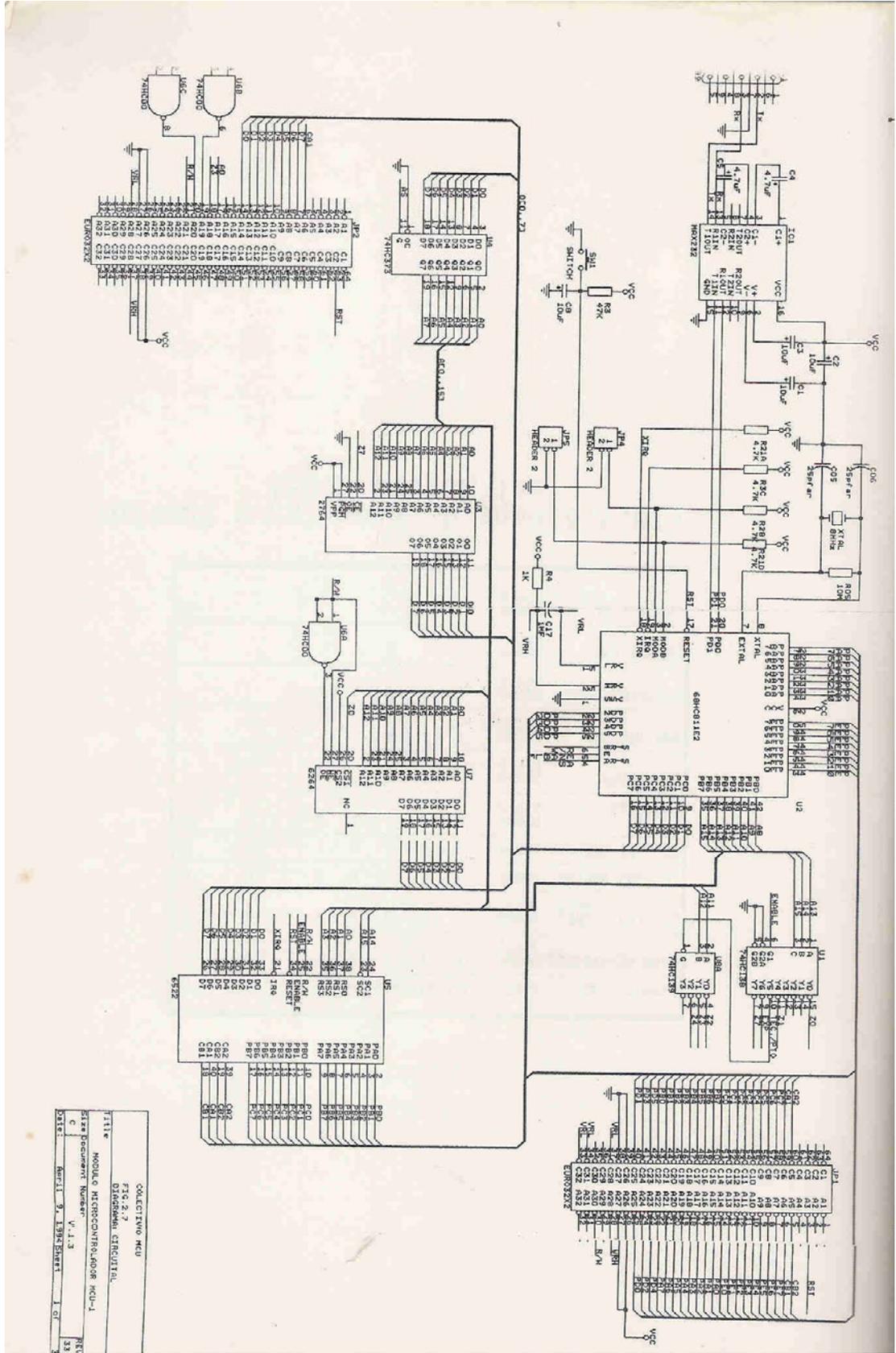
5-En los Sistemas de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas, donde están presentes pocas señales por puntos de medición , lo mas adecuado es el desarrollo de Unidades inteligentes de tamaño pequeño y que

permitan el empleo de acondicionadores de señales individuales con el objetivo de lograr un verdadero acercamiento al sensor y una mayor flexibilidad al sistema.

7-Es factible el trabajo en tiempo real en sistemas donde las Unidades Funcionales de Medición no disponen de temporizadores: mediante la transmisión de comandos de sincronización o mediante la solicitud de datos en tiempos fijos.

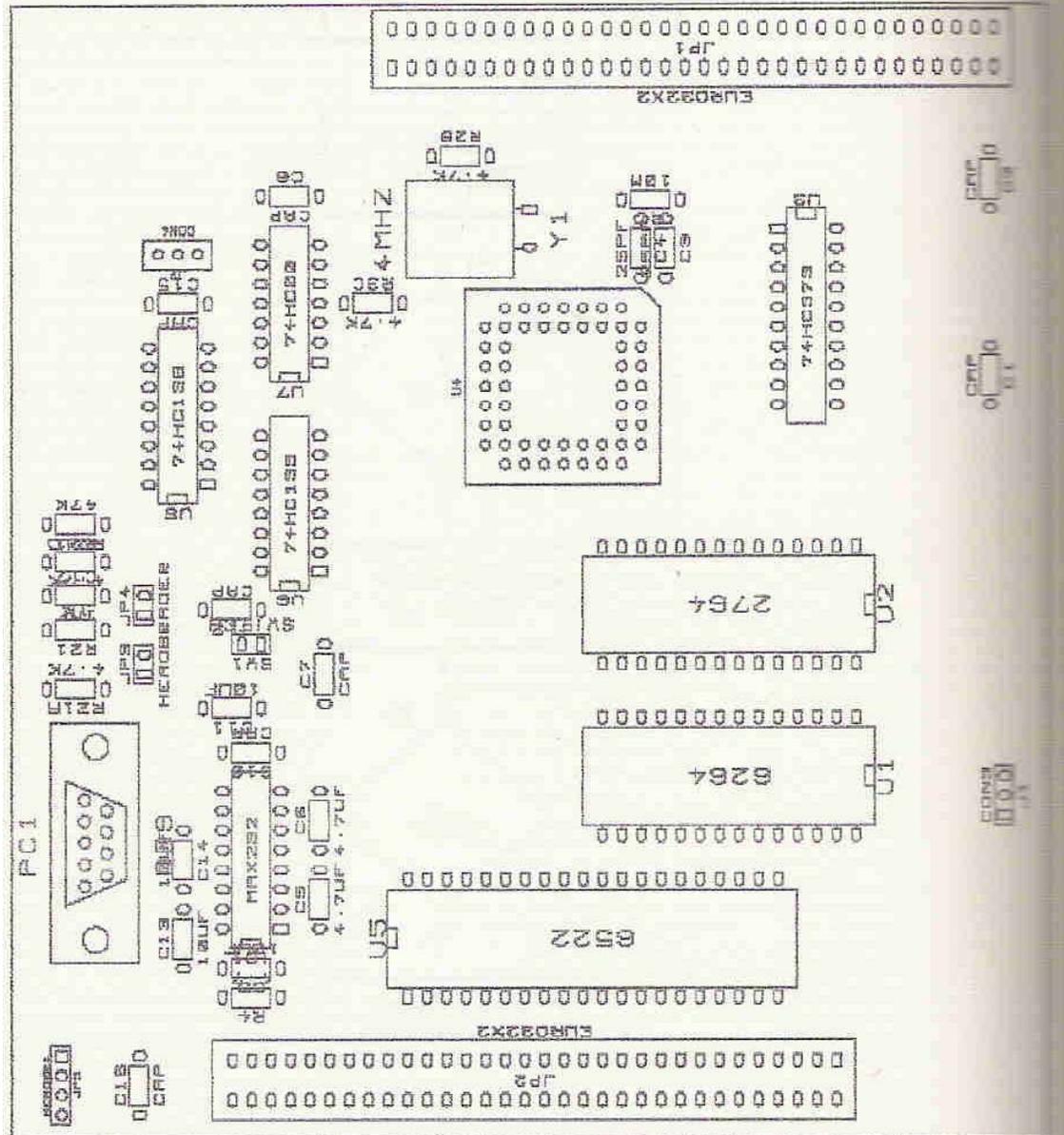
8-Se presenta un módulo microcontrolador (MCU-1) y el programa

*de trabajo para el mismo que demuestra las posibilidades de Unidades Funcionales de Medición flexibles, económicas y de fácil adaptabilidad a los requisitos de los usuarios.*



COLLECTING MCU  
 FIG. 2.7  
 Discontinued CIRCUIT  
 Title  
 MODULE MICROCONTROLLER MCU-1  
 Size Document Number: V.1.3  
 C  
 DATE: Mar-11 9: 1998 Sheet 1 of 23

<b>DISPOSITIVOS</b>	<b>DIRECC.</b>	<b>A15 A14 A13 A12 A11.....A0</b>	<b>Z</b>
SRAM 6264/62256	0000H 7FFFH	0 X X X X ... X	
DISP. COMANDOS	8000H	1 0 0 X X ... 0	Z1
DATOS	8001H	1	
TECLADO SALIDA	A000H	1 0 1 0 0 ... X	Z2
TECLADO ENTRADA Z3	A800H	1 0 1 0 1 ... X	
PUERTO VIA6522 Z4	B000H B7FFH B800H BFFFH	1 0 1 1 0 ... X  1 0 1 1 1	
RAM INTERNA	C000H C0FFH	1 1 0	
REGISTROS MCU	D000H D03FH	1 1 0	
EEPROM (2K)	D800H DFFFH	1 1 0	
EPROM 2764	E000H FFFFH	1 1 1	Z7



## **Capítulo III. Sistemas de Comunicación en la Automatización**

### **3.1 Introducción**

*Entre los objetivos de este capítulo está el llevar a cabo un análisis del modelo de referencia OSI (7 niveles) para su adecuación a los requerimientos de intercambio de información en pequeños sistemas de medición y supervisión.*

*Profundizar en la topología y los métodos de control de acceso al medio, a fin de arribar a una selección acorde con las características de estos sistemas.*

*Otro objetivo que se persigue es el análisis de los medios de transmisión y de las interfases de acople al mismo, de forma tal que se garantice una adecuada seguridad en la transmisión de información y con un buen cumplimiento de los requisitos técnico económicos.*

*En especial desarrollar un protocolo adecuado a los Sistema de Medición y Supervisión, aspecto sobre el cual se ofrece una solución ventajosa, demostrándose que con las nuevas facilidades que ofertan los interfases de comunicación serie presentes en los nuevos microcontroladores es posible implementar dicho protocolo con buena seguridad en la comunicación.*

### **3.2 Modelo de Referencia OSI**

*El modelo de referencia OSI es una estructura de trabajo que ha servido para coordinar el desarrollo de estándares por la ISO (Ver Tabla # 3), que permite la interconexión de sistemas informáticos heterogéneos. La arquitectura OSI es el mas alto nivel de abstracción en el esquema y en la norma ISO 7498 se*

definen aquellos objetos, relaciones, restricciones y el modelo de 7 niveles o capas para los procesos de comunicación [88]; tal como se muestra en la Fig.3.1.

Este modelo está concebido para sistemas de comunicación abiertos y según muchos autores su potencialidad para Redes de Área Local (LAN) y para Sistemas de Bus de Campo, está muy por encima de estos dado que el procesamiento en cada nivel repercute en un gasto de tiempo que perjudica la capacidad de trabajo en tiempo real. [165][47][96][71]

**La mayoría coincide en que un Sistema de Bus de Campo puede alcanzar un buen comportamiento en tiempo real, si es implementado mediante una arquitectura OSI reducida a tres niveles: Físico (1), Enlace (2) y de Aplicación (7). [27][170][155][119][91][133][138]**

Los fundamentos están en que generalmente no es necesario seleccionar el camino, pues en estos sistemas se emplean protocolos orientados al enlace (nivel 2), mientras que los tipos de datos y estructuras pueden ser empleados de forma unida.

En la Fig.3.2 se ilustra, la forma general en que se ajustan los Sistemas de Bus de Campo al modelo OSI reducido.

### **3.2.1 Nivel Físico**

En este nivel se definen y materializan las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento para establecer, mantener y terminar la interconexión física entre dos entidades .

*Concretándose la transmisión de datos entre equipos físicos a través de un canal de comunicación (en bits o en forma de señales), representándose las señales eléctricas u ópticas y ejecutándose la transmisión y recepción de secuencias de bits mediante diferentes técnicas de transmisión (banda base, banda portadora, banda ancha etc.).*

*Los protocolos y servicios del nivel de Enlace de datos son muy sensibles a los cambios tecnológicos de este nivel (aspecto que no ocurre en los niveles superiores de **OSI**), luego para asegurar un uso eficiente de toda la variedad de tecnologías, es necesario diseñar protocolos adaptados a las características específicas de esta.*

*Obsérvese en la **Tabla #3** (Anexo I) que los estándares adoptados por **ISO** en el nivel 1 coinciden con los del nivel 2.*

### **3.2.2 Nivel de enlace de datos**

*El propósito de éste consiste en suministrar los principales procedimientos y funciones para transferir datos entre entidades, así como detectar y posibilitar la corrección de errores que puedan ocurrir en el nivel físico; pues un enlace de datos se establece siempre entre dos puntos físicos de conexión del sistema.*

*El protocolo que controla el enlace de datos es un conjunto de reglas específicas que gobiernan el intercambio de información sobre un enlace de comunicación establecido.*

***El protocolo de control del enlace define la inicialización de un enlace físico ya establecido, controla el intercambio normal***

*de datos, termina el enlace al final de la transmisión y quizás desde el punto de vista mas importante del usuario, emplea técnicas para recuperar el control bajo condiciones anormales tales como: respuestas no validas, no haya respuesta, perdidas de sincronización y fallas resultantes de anomalías en el enlace de comunicación.*

*Existen diferentes tipos de protocolos de enlace para el intercambio de información entre sistemas y en la **Tabla #16 (Anexo III)** se muestran los estándares adoptados por **ISO** en este nivel.*

*Obsérvese que se hace una subdivisión entre el control del enlace lógico (**LLC /ISO 8802.2**) y los métodos de control del acceso al medio (**MAC**).*

*En el control del enlace lógico **ISO** ha adoptado tres tipos:*

***-LLC-tipo 1:** Servicio sin confirmación.*

*Donde ante la ausencia de enlace y carencia de mecanismo de confirmación, tiene que ser validada la transmisión por la aplicación del servicio.*

***-LLC-tipo 2:** Servicio orientado al enlace con control de error y control de flujo, siendo comparable con el procedimiento **HDLC [34]**.*

***-LLC-tipo 3:** Servicio sin respuesta*

*Dentro de un ciclo de información (llamada-respuesta), es necesario que los intercambios no sean molestados por los demás participantes, por lo que es el mas acorde con los sistemas de comunicación en tiempo real.*

*Las funciones del subnivel **MAC** pueden ser establecidas en:*

*-Interfase con el subnivel LLC.*

*-Control del medio de transmisión.*

*-Ejecución de la transmisión y recepción.*

*En el caso de las topologías de bus y de anillo se precisa de un mecanismo que sirva de arbitro para la utilización del único medio de transmisión, cuando dos o mas participantes desean efectuar sus transmisiones simultáneamente.*

*Existen diversas clasificaciones para estos protocolos de acceso, sin embargo la mas general se basa en el uso multiplexado en tiempo del medio de transmisión y se muestra en la **Tabla #17 (Anexo III)**.*

*Los sistemas de comunicación en tiempo real emplean los protocolos de acceso controlado (determinísticos), evitan colisiones a partir de una organización del sistema acorde a la aplicación.*

### **3.2.3 Nivel de aplicación**

*Se trata del nivel superior del modelo de referencia y en el se llevan a cabo las funciones específicas de comunicación entre los diferentes procesos de aplicación que constituyen el sistema.*

***Todos los procesos de aplicación residen en este nivel, pero sin embargo solo una parte de este nivel está contemplado en el modelo real OSI, aquellos aspectos del proceso de aplicación que están relacionados con los procesos internos de comunicación (denominados la entidad aplicación),son los que están en el ambiente OSI.***

*Es necesario considerar que los procesos de aplicación que utilizan el mecanismo de interconexión se encuentran distribuidos y deben comunicarse para llevar a cabo objetivos comunes (la comunicación se realiza utilizando protocolos de diálogos apropiados).*

*Desde el punto de vista del usuario, un proceso se comunica con otros procesos y esta operación se lleva a cabo a través del sistema operativo.*

*En las especificaciones de la **ISO** se encuentran 3 grandes categorías de protocolos:*

*-Elementos de servicio de aplicaciones específicas (**SASE**)*

*Estos protocolos permiten servicios genéricos para interacciones específicas, algunos de los más conocidos son: Transferencia de Ficheros, Acceso y Manipulación (**FTAM**), Terminal Virtual (**VTP**), Transferencia y Manipulación (**JTM**) y Sistemas de Tratamiento de Mensajes (**MHS**).*

*-Elementos de servicio de aplicaciones comunes (**CASE**)*

*Este subnivel forma asociaciones entre otros protocolos de aplicación de **OSI** o entre programas de usuarios que utilizan los servicios de **OSI** con el objetivo de intercambiar información.*

*El servicio de transferencia suministrado por **CASE** utiliza los niveles de Presentación y Sesión.*

*-Protocolos para coordinar la dirección de redes **OSI** en conjunto con las capacidades de dirección incorporadas en cada uno de los protocolos en los niveles.*

*Para los Sistemas de Bus de Campo los protocolos implementados*

en este nivel han utilizado principalmente los servicios del tipo *FTAM* o variantes del mismo; pues como se aprecia estos no fueron definidos para sistemas de comunicación de tiempo real.

### **3.3 Análisis de las redes para el trabajo en tiempo real**

Realizaremos una caracterización de las redes locales atendiendo a un conjunto de parámetros, a fin de sustentar criterios de selección que nos permitan arribar a una propuesta concreta del tipo de red idónea para un Sistema de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas.

Los criterios de selección según **Janssens, Raus y Stalens [89]** se pueden dividir en:

**-Orientados a la aplicación**

**-Técnicos**

**-Económicos**

Los criterios técnicos están muy relacionados con los componentes fundamentales de una red y su interrelación:

**-Topología**

**-Medio de transmisión**

**-Control de acceso al medio**

**-Interfases de acople**

**-Interfases de comunicación**

Decidiendo los mismos como es que debe ser la red, pero sin embargo los criterios económicos dicen la última palabra sobre la factibilidad, permitiendo seleccionar y delimitar las características obligatorias y opcionales que se requieren en la red.

*En el análisis de costos y beneficios hay que incluir todos los costos durante la existencia de la red: instalación /integral, operación/mantenimiento y de reconfiguración.*

### **3.3.1 Topología**

*La misma define el patrón de interconexión de los participantes en la red y entre las topologías típicas tenemos: Estrella, Anillo y de Bus (Lineal). Tal como se muestra en la Fig.3.3.*

*Un por ciento significativo del costo de una red lo tiene el cableado, de ahí que se descarte la topología de estrella.*

*Las topologías de Anillo y de Bus emplean un medio único de transmisión al cual están asociados todos los participantes, mas se requiere de un mecanismo de control para el acceso a ese medio.*

*La de anillo presenta el inconveniente que cualquier rotura o fallo en el anillo repercute en la red completa, además de requerir que la transmisión sea unidireccional.*

*Por ello la topología de Bus o Lineal se ha impuesto en los Sistemas de Bus de Campo, además de poseer la facilidad de expansión.*

### **3.3.2 Medio de Transmisión**

*Hoy en día las redes emplean diferentes medios de transmisión: pares trenzados, cables coaxiales y fibras ópticas; tal como se aprecia en la **Tabla # 18(Anexo III)**.*

*El coaxial ha sido uno de los mas utilizados, producto de su buen ancho de banda, alta inmunidad al ruido y buena*

*resistencia mecánica.*

*Pero sin embargo aún su costo es muy superior al par trenzado y no queda dudas que esto ha conducido a que la mayoría de los Sistemas de Bus de Campo utilicen este último, aunque esto limite las distancias y las velocidades de transmisión.*

*En la **Tabla # 19 (Anexo III)** se pueden apreciar los costos a que son ofertados hoy en día estos elementos [149].*

*La fibra óptica se ha ido imponiendo poco a poco en los sistemas de comunicaciones pero todavía su costo es alto, no solo por los conductores sino también por los emisores y detectores que se requieren para los interfaces de acople, para emplearla en Sistemas de Bus de Campo.*

*Desde hace años se viene trabajando en el empleo de las líneas energéticas como medio de transmisión y que ya se ofertan equipos para el acople a estas, pero aun a costos muy altos [100].*

### **3.3.3Control de acceso al medio**

*Como ya se ha mencionado en el caso de la topología de Bus se precisa de un mecanismo que sirva de árbitro para la utilización del único medio de transmisión. En las **Tablas # 16 y #17** se puede apreciar la clasificación de estos protocolos y los estándares adoptados por la **ISO**.*

*En los Sistemas de Bus de Campo predomina el acceso controlado (determinístico), con los procedimientos de **Encuesta y Token**; producto de que se hace necesario tener un control exacto sobre el tiempo de demora máximo en que puede incurrir el intercambio*

de información para el peor caso.

No se debe soslayar que **Ethernet** con su procedimiento **CSMA/CD** se ha convertido también de facto en un estándar industrial , producto de los bajos costos ofertados[53][69].

La **Encuesta** (Polling) ha sido objeto de numerosos estudios en la literatura , destacándose por su amplitud el trabajo realizado por **Takagi**[162].

Los mecanismos de Encuesta con orden cíclico o prioritario fueron analizados también por **Mansfield** [107], tomando en consideración diferentes servicios: exhaustivo, no exhaustivo, compuertado etc.

En algunos de estos estudios se toma en cuenta el tiempo de conmutación del servicio de un nodo a otro, mientras que en la mayoría son asumidos los procesos de entrada del tipo de Poisson, con capacidad del buffer infinita.

Mas recientemente **Tran-Gia** [166] ha incluido elementos mas realistas en el modelo: Procesos renovados de entrada y capacidad finita de espera (servicio no exhaustivo limitado a un mensaje por servicio).

De forma análoga el **TOKEN** ha sido profusamente estudiado, considerando igualmente mecanismos cíclicos y prioritarios; así como diferentes tipos de servicios [164][104][105][38]. En el análisis de la bibliografía se corrobora que no hay diferencias entre el principio de funcionamiento de la Encuesta y del Token , solo estriba en su implementación. También hemos podido observar que la mayoría de estos estudios han estado enfocados a las redes de computadoras en el campo de la informática y no

de la automatización industrial, trabajando con magnitudes de tiempo probabilísticos, los cuales no garantizan el principal requerimiento de un Sistema de Bus de Campo: tiempo de acceso o espera.

A continuación se realiza un análisis del procedimiento de acceso controlado, con el objetivo de determinar su funcionamiento en un Sistema de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas.

Se toman como principales indicadores: **el Tiempo de Acceso ( $T_a$ ) y la Eficiencia ( $E$ ).**

El tiempo de acceso es definido como el tiempo promedio que demora el servicio en regresar de nuevo a un nodo de la red, mientras que la eficiencia en la utilización del medio de transmisión está dada por la relación entre el tiempo de transmisión del paquete y el tiempo de acceso.

En este análisis no interesa el tiempo de respuesta, dado que el mismo está más relacionado con las necesidades de los usuarios de la red.

#### **Descripción del modelo**

La estructura básica y los parámetros relacionados con el modelo son mostrados en la Fig.3.4.

Cada nodo activo  $i$  ( $i=1, \dots, N$ ) se representa por una cola **FIFO** a la cual arriban  $r_i$  paquetes/segundo. El servicio (Encuesta o Token) se representa por un conmutador circular, el cual va pasando por los diferentes nodos que se encuentran en el anillo lógico.

Cada vez que el conmutador se detiene en un punto específico,

indica que el servicio ha sido adquirido por ese nodo y se produce posteriormente el proceso de transmisión, que demora  $T_p$  segundos para cada paquete. Los bloques que contienen a  $\tau$ , indican el retardo incurrido por el procesamiento de la información en cada nodo, mas el tiempo de propagación ; denominándosele tiempo de conmutación.

Para el análisis se considerará servicio exhaustivo, con un tráfico uniformemente distribuido en cada nodo; lo cual no tiene gran influencia para los parámetros de interés [38].

Es bueno señalar que en este análisis se excluyen todos los efectos relacionados con los errores de transmisión y su recuperación; aspectos que se abordaran mas adelante.

Luego el tiempo de acceso  $T_a$  va a estar determinado por el atraso total de conmutación ( $N\tau$ ), mas el tiempo requerido para transmitir los paquetes de todos los nodos comprendidos en el anillo lógico.

Matos [104] arriba a los resultados siguientes:

$$T_a = N \tau / (1 - \delta) \quad (3-1)$$

Donde:

$N$ - Número total de nodos en la red

$\delta$ - Factor de carga

$\tau$ - Tiempo de conmutación

Para trafico homogéneo se cumple que  $r_i = r$ , para todo  $i$ , luego

$$\delta = (N r L_p) / V_t \quad (3-2)$$

Siendo  $V_t$ -Velocidad de transmisión (Bit/s)

$L_p$ -Longitud de los paquetes (Bit)

Pudiéndose apreciar en (3.1) y (3.2) que a medida que aumenta

la cantidad de participantes en la red, se incrementa el factor de carga y esto a su vez incrementa el tiempo de acceso.

Siendo ello muy interesante para un sistema de medición, pues indica que este parámetro tiene que ser atendido con vistas a optimizar la cantidad de participantes en función del tiempo de respuesta de las señales a medir.

La eficiencia en la utilización del medio está dada por la relación:

$$E = T_p / (T_a + T_p) \quad (3-3)$$

la cual puede ser expresada en función del factor de carga

$$E = 1 / \{ 1 + [(\tau \cdot V_t) / L_p] [N / (1 - \delta)] \} \quad (3-4)$$

En la **Tabla # 20 (Anexo III)** se muestran diferentes valores de la eficiencia para diferentes parámetros operativos, típicos de un sistema de medición (  $V_t=9600$  Bit/s ,  $\tau = 1 \mu s$  y  $\delta= 0.8$  ) con un alto factor de carga.

Demostrándose que, a bajas velocidades de transmisión, con pocos nodos y paquetes pequeños, la eficiencia es máxima; lo que indica que ésta no es un parámetro a optimizar en un Sistema de Medición y Supervisión con pocas unidades y bajas velocidades de transmisión.

En cuanto al funcionamiento no hay distinción entre el control centralizado y el control distribuido (Encuesta y Token); mas si hay en cuanto a su implementación. Dado que el Token no necesita de un controlador central, pero si se quiere implementar de forma eficiente requiere de un soporte de Hardware para ello; tales como los controladores del tipo: **WD**

**2840, M6832, FB2050, FB3050 etc.**

*Sin embargo en el mundo se producen anualmente millones de microcontroladores que no cuentan en sus interfases de comunicación serie instaladas con estas posibilidades.*

*Además la esencia de los sistemas supervisores implica de por sí un control centralizado, una jerarquía a la cual hay que informar con regularidad y que proporciona un control mas sencillo.*

*Estableciéndose prioridades entre los usuarios de una forma mas ágil, e incorpora rápidamente recursos al sistema sin necesidad de reprogramar los elementos que lo constituyen.*

*Como desventaja se tiene que fallos del controlador anulan el sistema; pero con la fiabilidad de los elementos de computo de hoy en día no es grave esa decisión ni es costosa la redundancia en el sistema; si es requerida.*

#### **3.3.4 Interfases de acople**

*En una red es necesario interconectar los elementos de computo, microprocesadores, microcontroladores e infinidad de equipos inteligentes; para la transmisión de datos a través del medio.*

*Con el objetivo de facilitar la interconexión de estos, se han adoptado diferentes normas internacionales por la **EIA (Electronics Industries Association)** y el **CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telecomunicaciones)**.*

*En la **Tabla # 21 (Anexo III)** se muestran las normas de interfases de acople mas difundidas **[163][112][167]**.*

*La norma **RS-232** fue introducida en 1962 y su versión revisada en 1969, con el objetivo de estandarizar el acople entre*

equipos terminales de datos y equipos de comunicación. Sin embargo hay estimados de que hoy en día hay mas de 50 millones de puertos con RS-232, debido a su amplio uso en las microcomputadoras y periféricos [97].

**Como se puede apreciar de la tabla anterior, dicha norma no fue concebida para el trabajo en red, solo para el acople entre dos equipos a cortas distancias y bajas velocidades de transmisión.**

Sin embargo en este trabajo se sintetizan las experiencias alcanzadas en la implementación de una red local con topología de Bus que cumple con los requerimientos eléctricos de la RS-232 [19][20][22].

En la Fig.3.5 se muestra la conexión a un bus común de una microcomputadora (AMO) y varias Unidades de Medición (ESCLAVOS).

En ella puede observarse que el transmisor del AMO está acoplado a todos los receptores de los ESCLAVOS.

Considerando una resistencia de entrada típica de  $5\text{ K}\Omega$  en cada receptor, para obtener +5 V ("0" lógico) se necesita 1 mA de corriente a través de dicha carga; por lo que el transmisor debe garantizar una corriente de N mA para N unidades (ESCLAVOS). Puede observarse como todos los transmisores de los esclavos están conectados a una línea común con el receptor del AMO.

En la **Tabla #21 (Anexo III)** se observa que la resistencia de salida de los excitadores o transmisores es de  $300\ \Omega$  (no es ofrecida energizados), la cual es muy baja y no permite la excitación del receptor.

Entonces el objetivo a lograr consiste en incrementar la impedancia de salida de los transmisores con respecto a la de entrada del receptor del Amo (no drenarían corriente de la línea de datos), y posibilitaría la comunicación entre los elementos componentes de la red.

Para llevar a efecto estas ideas se montaron diferentes esquemas de circuitos excitadores (TTL-RS-232) los cuales fueron probados con resultados altamente satisfactorios [115] [76] [139].

Los circuitos se muestran en la Fig.3.6 a), b) y c), observe que estos no son mas que excitadores trabajando en el modo de voltaje y que conmutan el voltaje de suministro a la línea directamente.

En ellos normalmente la entrada se encuentra a + 5V, provocando que el transistor T1 se encuentre en estado de corte y la línea a -Vcc ("1" lógico de RS-232).

Cuando la entrada cambia a 0 V, el transistor T1 se satura y el voltaje de línea cambia a + Vcc ("0" lógico en RS-232). El circuito de la Fig.3.6 c) posee un inversor y un transistor T2 para asegurar que un nivel de entrada  $+2.4 V \leq X \leq + 5V$  ("1" lógico en TTL) garantice en la línea - Vcc ("1" lógico en RS-232).

En todos los casos la impedancia de salida que presentan los excitadores es como mínimo de 1.5 K $\Omega$ .

La red fue montada y probada a nivel de laboratorio, con 8 esclavos (KIT CID 0615) y la computadora patrón; transmittiéndose paquetes de 2 Kbytes a velocidades de 1200

*Bit/s sin detectar errores en la comunicación [22].*

*Posteriormente la misma fue empleada en el sistema de Medición de la Planta Energética del Combinado Textil "Desembarco del Granma" con 5 unidades inteligentes a distancias superiores a 50 metros en un ambiente industrial ruidoso [115][52][160].*

*Es significativa la salida al mercado a partir del año 1993 de diferentes circuitos integrados de excitadores y receptores (Transceivers) que satisfacen la norma RS-232 (C, D, E) y sus transmisores pueden ser desconectados (Shutdown) o tienen tercer estado o estado de alta impedancia en sus salidas; tal es el caso de los chips MAX 222, MAX 242, LT 1137A, LT 1237, LT 1230, LT 1231 etc. Lo cual corrobora nuestras ideas iniciales [109][101][149].*

*De las restantes normas, la mas difundida hoy en día es la RS-485 (fue introducida en 1983 como una versión mejorada de la RS-422A), la cual emplea líneas balanceadas. Esto permite la transmisión de datos a distancias de 1200m, a altas velocidades (10 MBit/s) con gran inmunidad al ruido (electrostático y electromagnético) y el trabajo en red con un total de 32 participantes.*

*Se ofertan diferentes circuitos excitadores y receptores que satisfacen este estándar: SN 176AP, LTC485 etc. Utilizándose este interfase en redes con diferentes procedimientos de acceso [35].*

### **3.4 Diseño de una red para el sistema de medición**

*Para el diseño de una red se hace necesario un plan detallado, cuyo primer paso consiste en definir el alcance del proyecto en*

términos de los resultados que se desean.

En este caso el objetivo central del trabajo es el desarrollo de un Sistema de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas, donde los tiempos de muestreo de las señales son del orden de segundos, con una cantidad de participantes menor de 32, distancias inferiores a los 300 metros, donde solo se transmitirán datos desde las unidades de medición, requiriéndose de buena confiabilidad, posibilidades de expansión y fácil utilización de la misma por los usuarios. Las unidades van a realizar la adquisición de datos de diferentes tipos de señales (analógicas y digitales), conformando un único paquete que es almacenado y actualizado; acorde con las características de cada canal de medición.

La exigencia fundamental en este caso es el tiempo de acceso para el intercambio de información entre las unidades y el nivel jerárquico superior (nivel supervisor); el cual debe ser inferior a los tiempos de muestreo de las señales.

De acuerdo con lo analizado en el **Capítulo II**, el tiempo de muestreo del sistema no debe sobrepasar el segundo, lo que determinara el número máximo de unidades que puede atender; aunque normalmente las señales son mas lentas y es posible un número mayor de participantes.

La topología a seleccionar es la de bus, dadas sus facilidades de conexión y expansión; empleando el par de alambres trenzados por sus bajos costos ante el coaxial y la fibra óptica.

Ya se había definido con anterioridad que por las características del sistema y por las amplias ofertas de

microcontroladores (para implementar las unidades de medición); el procedimiento de Encuesta es mas apropiado que el Token. El procedimiento del Token se puede implementar por Software pero **Hähnliche** [75] demostró en su trabajo que seria necesario duplicar los gastos de software. Además el procedimiento de Encuesta permite utilizar cualquier tipo de microcomputadora como Amo del nivel supervisor, sin necesidad de adaptarles tarjetas controladoras de comunicación. Aun con todas las consideraciones anteriores, falta uno de los elementos fundamentales en cualquier red de comunicación: el Protocolo, que permita describir el tipo y el modo de como los participantes en la red se comunicaran entre si de forma confiable y segura [93].

#### **3.4.1 Protocolo de enlace**

En las técnicas de comunicación digital entre terminales (en este caso unidades funcionales de medición) y equipos de procesamiento de la información (unidad central) surge la necesidad de establecer una secuencia adecuada en el intercambio de la información. Estos protocolos se han clasificado como: Protocolos orientados a Carácter y Protocolos orientados a Bits.

Los protocolos orientados a carácter acaparan una gran parte de las aplicaciones actuales y se caracterizan por cumplir con los requisitos siguientes: Conexión, Establecimiento del canal , Transferencia de la información ,Terminación y Desconexión.

Entre los protocolos orientados a carácter mas significativos

se encuentran el ANSI X3, X 28, ISO ISI 745 y el IBM BSC(BISYNC) [106].

Como se apreciara mas adelante en el trabajo se emplea un protocolo orientado a carácter, donde se reduce la cantidad de caracteres de control y el mismo es transparente a los códigos empleados.

La descripción del proceso de comunicación entre dos participantes en la red puede ser descrita de diferentes modos: Grafos, Redes de Petri, Tablas de decisión, Diagramas de Flujo y Lenguajes Descriptivos (LOTOS, ESTELLE, SDL etc.) [102] [94][95].

En esta situación se seleccionaron los **Diagramas de flujo**, por la sencillez de los mismos, cumpliéndose con los pasos siguientes: Definición del problema, Requerimientos ,Servicios y Descripción del protocolo

**a) Definición**

Se tiene una red con un AMO y varias unidades de medición "ESCLAVOS", los cuales deben pasar información al AMO de acuerdo a un orden prioritario que este fija, con un servicio limitado a un paquete (modo normal de trabajo).La longitud del paquete de datos va a estar determinada por la expresión:

$$L_{pu} = 2 n C \quad (3-5)$$

Donde  $n$ -cantidad de canales de medición

$C$ -cantidad de Bits por carácter (10)

Dedicándose 2 Bytes para almacenar la información correspondiente a cada canal de medición y ante situaciones de alarma, las unidades deben ser capaces de advertir al AMO de la

*anomalía presentada.*

### **b) Requerimientos**

*El sistema debe trabajar en modo Manual o Automático.*

*En régimen Manual se debe ofrecer la posibilidad de configurar las unidades inteligentes de medición, conocer su estado, poder tener acceso a la información de un canal o de todos los canales.*

*El régimen de trabajo Automático es el modo Normal de trabajo, donde cada unidad debe servir la información al AMO (un paquete con la información de todos los canales de medición).*

*Debe minimizarse los gastos de direccionamiento para evitar sobre flujos de información, de forma tal que cada dirección corresponda con una unidad.*

*Además el sistema debe ser flexible, con posibilidades de expansión de nuevas unidades, tener fácil acceso a la comunicación, con una carga óptima de los recursos instalados y buena seguridad*

### **c) Servicios**

*Para incrementar la efectividad en la transmisión de datos y minimizar la carga de software en las unidades se desarrollaron diferentes ciclos de trabajo (acorde a los requerimientos).*

*En la Fig.3.7 se muestran los ciclos y los telegramas asociados a ellos: a) Trabajo en tiempo real b) Configuración c) Estado y d) Lectura.*

*En el ciclo de trabajo en tiempo real, el AMO inicia una solicitud de servicio y espera directamente por la información (no hay necesidad de reconocimiento previo), realizando un*

chequeo de la misma ante la posibilidad de errores en la comunicación.

El ciclo de **Configuración** es un ciclo especial que se utiliza por el sistema (**Régimen Manual**) para pasarle los parámetros de trabajo a las unidades.

Mientras que los ciclos de **Lectura y Estado** son empleados también en el régimen Manual para la puesta en marcha y chequeo posterior de las unidades.

En el caso de que una unidad detecta una situación de alarma (si lo admite su configuración), la misma realiza una escucha previa al medio y si no está ocupado entonces realiza una advertencia al AMO.

Este responde con un ciclo de Estado especial, para conocer que unidad fue la que solicitó la alarma.

Esta propiedad es muy importante en un régimen de trabajo supervisor y el tratamiento dado en este trabajo resulta novedoso ,pues se aprovechan las potencialidades de los nuevos interfaces de comunicación .

#### **d) Descripción del Protocolo**

La descripción del proceso de comunicación entre dos participantes, en este caso el AMO y un Esclavo, vamos a realizarla a través de los diagramas de Flujo mostrados en la Fig.3.8 a),b) y c).

Donde: **Tpo**-Tiempo de Encuesta

**Tlu**-Tiempo de Lectura en las Unidades

**Ttp**-Tiempo de transmisión del paquete

**Tsc**-Tiempo de Lectura y Chequeo de error (AMO)

### **Tes-Tiempo de Espera del AMO**

Bajo condiciones normales de operación el tiempo total transcurrido entre la encuesta a una unidad y la siguiente es:

$$T_a = T_{po} + T_{lu} + T_{tp} + T_{sc} \quad (3-6)$$

En el caso de que una Unidad no responda, puede ser por dos situaciones: Pérdida del paquete de encuesta o por que la Unidad está fuera de servicio.

Mientras que en el caso de que el Amo detecte error en la recepción, éste puede solicitar hasta tres veces la repetición de un mensaje; ello sería la peor situación para el análisis de tiempo del sistema.

$$T_a(\text{Max.}) = 3 T_a \quad (3-7)$$

El tiempo de lectura en las unidades ( $T_{lu}$ ) depende del software de la unidad funcional, pero el mismo es del orden de microsegundos y prácticamente despreciable ante  $T_{po}$  y  $T_{tp}$ .

Mientras que el tiempo  $T_{sc}$  depende del software y del hardware de la microcomputadora (AMO), en este último aspecto para el caso de almacenamiento de la información en disco; siendo este tiempo del orden de decenas de milisegundos en máquinas lentas. Vamos a determinar, para una situación típica de un sistema de medición, la máxima cantidad de unidades que puede atenderse en las situación mas adversa.

### **UNIDAD FUNCIONAL**

Considerando una U.F con 13 canales de medición, sustituyendo en (3.5) tendríamos una longitud del paquete de 270 Bits; luego utilizando la expresión

$$T_{tp} = L_{pu} / V_t \quad (3-8)$$

para una velocidad de transmisión de 9600 Bit/s ,tendríamos  
 $T_{tp}=28.125$  ms.

#### **AMO**

Considerando una longitud de 40 Bits de encabezamiento y la misma velocidad de transmisión obtendríamos,

$$T_{po}=4.166$$
 ms.

Utilizando una microcomputadora lenta, podríamos tomar

$$T_{sc}=25$$
 ms.

Luego evaluando (3.6) y (3.7) tendríamos

$$T_{a(Max.)}= 172$$
 ms.

Lo cual nos demuestra que bajo condiciones adversas el sistema con el protocolo implementado puede atender al menos 5 Unidades en un segundo ,10 cada dos segundos y 20 cada tres segundos.

Los cuales son valores normales de trabajo en un Sistema de Medición y Supervisión para áreas pequeñas.

A continuación a demostrará que es muy poco probable que dicha situación se presente.

#### **3.4.2 Análisis de la probabilidad de error.**

El problema de la detección de los pulsos en banda base en el extremo receptor consiste en determinar acertadamente la polaridad de los mismos en los intervalos de transmisión correspondientes.

Si la determinación de la polaridad se realiza a partir del muestreo de dichos pulsos, la probabilidad de cometer error en el proceso de detección depende de las características de la señal y del ruido.

A pesar de que el modelo de ruido industrial no sigue exactamente el modelo **Gaussiano**, no se dispone de un modelo matemático del mismo debido a su variabilidad y complejidad.

Sin embargo vamos a utilizar este modelo para hacer un análisis preliminar del comportamiento del error.

Frecuentemente se considera el ruido como un proceso estocástico Gaussiano, lo cual obedece a que el ruido térmico posee esta característica ya que los procesos Gaussianos son invariantes respecto a su paso a través de redes lineales, como las que intervienen en la estructura del sistema de comunicación.

Para este tipo de ruido y para señales digitales del tipo NRZ, como es el caso que nos ocupa, la probabilidad de error está relacionada con el hecho de que producto del ruido, en el instante de muestreo, el nivel de señal recibido se aproxima más al símbolo opuesto que al transmitido.

Luego la probabilidad de error vendrá dada por:

$$P_e = \frac{1}{2} - \phi[A/(2\sigma)] \quad (3-9)$$

Siendo  $A$  = Amplitud de la señal

$\sigma$  =  $V_{rms}$  del ruido

Aplicando estos conceptos a las nuevas posibilidades que ofrecen la mayoría de los receptores de los interfases de comunicación serie de las familias de microcontroladores existentes en el mercado .Donde se realiza la toma de varias muestras (3 o mas) en la cercanía de la mitad de cada Bit recibido y por mayoría se decide la polaridad del Bit [117]. Luego la probabilidad de error de un símbolo que se muestrea

en tres ocasiones y se decide por mayoría (considerando independencia estadística entre los instantes de muestreo), vendrá dada por la probabilidad de que se detecte erróneamente en 2 o mas ocasiones; o sea que:

$$P_{es} = \sum_{x=2}^3 P(x) \quad (3-10)$$

donde

$$P(x) = \binom{n}{x} P_e^x \cdot q^{n-x} \quad \text{para } x=0,1,2..n \quad (3-11)$$

Siendo

$$P_e = 1 - q$$

$$P(x) = 0, \quad \text{para otros valores de } x.$$

Con  $n=3$  el número de muestras y  $x$  el número de veces que se detecta con error, evaluando (3.10) queda,

$$P_{es} \approx 3 P_e^2 \quad (3-12)$$

Demostrando que la probabilidad de error de símbolo es mucho menor.

Es oportuno señalar que este análisis es mas válido en la medida en que la razón de transmisión sea menor, producto de la separación entre los instantes de muestreo y por lo tanto hay una menor correlación entre los valores del ruido en los instantes del muestreo.

Por lo que la probabilidad de error de bloque, nos quedaría; utilizando la distribución de **Poisson**

$$P_{eb}(x) = \begin{cases} (\Gamma \cdot e^{-\Gamma}) / x! & \text{para } x=0,1,2, \\ 0 & \text{para otros valores} \end{cases} \quad (3-13)$$

Donde

$$\Gamma = N P_e \quad (3-14)$$

$N$  = Número total de Bits del Bloque

$P_e$  = Probabilidad de error de un símbolo

Considerando el caso que nos ocupa, tomemos los valores siguientes:  $N=40$  Bits,  $P_e = 3.45 \text{ EXP } (-6)$

Para determinar la probabilidad de recibir un bloque sin error, evaluando (3.13) tendríamos,

$$P_{eb}(0) = e^{-NP_e} \quad (3-15)$$

Lo cual nos da en el orden de 0.999, o sea de recibir un bloque con error cada 1000 enviados.

Lo anterior ha sido corroborado por nuestra experiencia práctica de que en un ambiente industrial, como es el caso de la planta energética del combinado textil donde hay decenas de motores y otras fuentes de ruido, a bajas velocidades de transmisión el ruido no es un factor importante a considerar.

### **3.5 Conclusiones**

**1-El modelo de referencia OSI no se ajusta exactamente para la descripción y el diseño de un sistema de medición con estructura de bus de campo, pues el procesamiento en cada nivel repercute en un gasto de tiempo que perjudica el trabajo en tiempo real. Por lo que se propone implementar en una arquitectura de 3 niveles: Físico, Enlace de datos y Aplicación.**

**2-Un criterio de diseño determinante para la automatización de pequeñas áreas lo representan los costos, por ello se considera que un Sistema de Medición y Supervisión debe tener topología de Bus, con pares trenzados como medio de**

*transmisión , que permita el empleo de los interfaces de comunicación serie presente en los microcontroladores y que emplee como procedimiento de acceso al medio la Encuesta. Este último elemento permite una fácil implementación en una microcomputadora de propósito general y en las Unidades Funcionales de Medición con pocos gastos de software, garantiza el procesamiento de datos en tiempo real, permite establecer prioridades entre los participantes y ofrece una mayor flexibilidad al sistema.*

*3-Se demuestra que una red con topología de Bus común y utilizando la interfaz eléctrica RS-232 es factible de implementar para áreas pequeñas ,aspecto sobre el cual no se habían hallado referencias en la literatura consultada .*

*4-Con una mínima carga de software en las unidades se logran 4 servicios esenciales para el funcionamiento del Sistema: a) Trabajo en tiempo real ( Muestreo ), b) Configuración, c)Estado y d)Lectura. Los cuales trabajan con paquetes de longitudes cortas que no influyen desfavorablemente en el tiempo de acceso, aunque se trabaje a bajas velocidades de transmisión.*

*5-Se desarrolla un protocolo sencillo y confiable para el sistema que aun bajo condiciones adversas permite atender a una cantidad representativa de Unidades de Medición, combinándose el procedimiento de Encuesta y el de Escucha al Medio (CSMA/CD) para las situaciones de alarma del sistema; lo que lo distingue de otros sistemas .*

*6-Se emplea un protocolo orientado a carácter que permite*

*trabajar por interrupción en los microcontroladores, éste emplea caracteres de sincronismo para identificar el comienzo de un mensaje y propicia que las combinaciones de Bit correspondientes a los caracteres de control aparezcan en el texto del mensaje (aspecto que lo hace transparente) ; resolviendo las restricciones existentes en este tipo de protocolo orientado a carácter .*

## **Capítulo IV. Desarrollo del Sistema de Medición y Supervisión**

### **4.1 Introducción**

*En este capítulo se analiza integralmente el Sistema de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas, en el se sintetiza el trabajo desarrollado por el autor y otros colaboradores que trabajaron en esta temática. [31] [111] [23] [46]*

*Entre sus objetivos está el análisis de las Unidades de medición a microprocesadores y microcontroladores, destacándose las particularidades de cada una de ellas en el acople al bus y en la ejecución de los protocolos de comunicación diseñados. En especial determinar las características del monitor de tiempo real (AMO) del sistema. Se tratan los aspectos mas relevantes en la programación, el tratamiento en tiempo real y las posibilidades que se le ofrecen a los usuarios; también se hace una valoración de los los resultados alcanzados y su efecto económico.*

*Además se describen las herramientas de software desarrolladas para la puesta a punto de sistemas con microprocesadores (Z80) y microcontroladores (68HC11), que han posibilitado las pruebas experimentales iniciales y la puesta a punto del sistema de forma ágil.*

### **4.2 Concepción general del Sistema**

*En la Fig.4.1 se muestra el diagrama general del sistema, constituido por una Unidad central (AMO) y varias Unidades Funcionales (Esclavos) que se enlazan a través de un medio común de dos o tres hilos entrelazados (en dependencia de la*

*norma utilizada); realizándose la comunicación en banda base a bajas velocidades de transmisión (inferiores a 20 Kbit/s) y en forma semi-duplex.*

*La topología de la red es la de bus y el control del acceso al medio es mediante Encuesta (Amo-Esclavo), estableciéndose la comunicación entre el Amo y el Esclavo designado (Unidades pasivas); aunque en el caso de las Unidades a microcontroladores es posible lograr la iniciativa de estas ante situaciones de alarma.*

*En las Unidades es desarrollado el protocolo de comunicación mediante pequeños y rápidos programas, sin necesidad de utilizar controladores de comunicación especiales.*

*Las Unidades están destinadas a la adquisición de datos (analógicos y digitales) y a su procesamiento primario, quedando los datos en la memoria RAM (formando el paquete) para su transmisión al AMO cuando este solicite el servicio de Muestreo (régimen Automático).*

*Como Unidad Central se empleó una microcomputadora del tipo IBM PC/XT/AT, donde se ejecuta el programa monitor de tiempo real.*

*El monitor está estructurado en tres partes:*

- 1) Instalación*
- 2) Régimen Automático*
- 3) Régimen Manual.*

*Una vez configurado y activado el sistema, quedan funcionando las interrupciones de tiempo y de teclado, pudiéndose pasar del régimen Automático al Manual y viceversa.*

*El monitor tiene la característica de trabajar en modo*

compartido con el sistema operativo, permitiendo que la Unidad Central pueda ejecutar otras tareas relacionadas con la aplicación que desee el usuario del sistema.

Los datos de cada Unidad son almacenados, con la información de tiempo, en ficheros para cada Unidad y pueden ser accedidos en cualquier momento por la aplicación.

#### **4.3 Unidades de medición con microprocesadores**

Para enfrentar la tarea del Sistema de Medición de Información del combinado Textil "**Desembarco del Granma**" se diseñó en nuestro colectivo el módulo **PPL03** , como Unidad Central de procesamiento de propósitos generales; utilizando el microprocesador **Z80** [126].

Por diversas causas no se dispuso de ella en ese momento y se decidió optar por el KIT de entrenamiento **CID 0615**, para adaptarlo de forma temporal como Unidad Funcional de medición [41].

El mismo emplea el **Z80**, pero no dispone de ninguno de los interfaces típicos de esta familia (**PIO, CTC, DART, SIO**, etc.), con interfaces de la **INTEL (8255 y 8253)** y no se aprovechan las facilidades del trabajo por interrupción del **Z80 (Modo 2)**. En la adaptación del mismo para trabajar como Unidad Inteligente de Medición hubo que incorporarle los elementos siguientes: Convertidor A/D y multiselector analógico, dispositivo para la comunicación serie del tipo 8251 y un contador/Temporizador **Z80CTC** por solo citar los mas importantes [13][21].

#### **4.3.1 Acople al bus**

En la Fig.4.2 se muestran las adaptaciones realizadas al **CID 0615** para su acople al bus de comunicación [20][22][55]. En ella se puede apreciar como el USART (8251A) es acoplado a través de su salida SYND/BREAK a la entrada CLK0/TRG0 del Z80CTC, mientras que sus terminales TX y RX van a los circuitos convertidores de nivel TTL-RS232 y RS232-TTL para el acople a la línea.

Cuando el 8251A detecta ruptura en línea (línea en "0" durante mas de un carácter), su terminal SYND/BREAK pasa a un nivel alto y se solicita interrupción al sistema microprocesador; dándose la máxima prioridad de interrupción a la comunicación. Otras Unidades con microprocesadores se trabajaron sin facilidades de tiempo real (Z80CTC), por lo que se acopló la salida SYND/BREAK a través de un inversor a la entrada INT del Z80(modos 1 ) y se implementó el protocolo a partir de las variantes enunciadas en el epígrafe 2.3.2.

#### **4.3.2 Protocolo de comunicación**

El protocolo de enlace desarrollado consta de cuatro ciclos básicos de trabajo: a) Configuración, b) Estado, c) Lectura y d) Trabajo en tiempo real o Muestreo.

Para esta situación donde las Unidades no tenían facilidades de trabajo en tiempo real se empleo un mensaje adicional de difusión, denominado **ciclo de Ejecución**.

El mismo es escuchado por todas las Unidades de medición y lo emplean para realizar de forma sincronizada (con el reloj de

tiempo real de la Unidad Central) la adquisición y el procesamiento de los datos [23].

En la Fig.4.3 se muestra este ciclo, observándose que el telegrama consta de un campo inicial de sincronismo (al igual que los demás) y después el campo con el comando 'E'.

Un aspecto importante contemplado en el protocolo es la sincronización inicial en cada ciclo, diseñándose para estas Unidades con el USART 8251A mediante una "ruptura" en línea generada por la Unidad Central; durante un tiempo equivalente a la duración de 24 Bits (velocidad de transmisión de 1200 Bit/s).

En la Fig.4.4 se muestra el diagrama de flujo que representa el algoritmo de trabajo de la Unidad en la comunicación, en el Anexo IV.2 está el programa desarrollado en lenguaje ensamblador del Z80.

#### **4.4 Unidades de medición con microcontroladores**

El empleo de microcontroladores de propósito general como Unidades de medición, ofrece ventajas superiores sobre las Unidades que emplean microprocesadores.

En especial vamos a abordar las facilidades de sus interfases de comunicación serie asincrónica (UART), los cuales poseen cualidades superiores al USART (8251) y al UART (8250) de la INTEL.

Los interfases de comunicación serie de los MCU están preparados para el trabajo en redes de comunicación, distinguiéndose su receptor por el trabajo en el modo de reposo

*(WAKE UP) y poder pasar al modo de recepción mediante interrupción; liberando de una gran carga de procesamiento a la CPU y simplificando el protocolo de comunicación.*

*El 68HC11811E2 empleado en el modulo MCU-1 tiene un UART con las características siguientes:*

- Trabaja Full-Duplex*
- Utiliza en formato estándar NRZ (1 Bit de arranque, 8/9 Bits de datos y 1 Bit de parada).*
- Tanto el transmisor como el receptor disponen de doble Buffer.*
- El receptor emplea el triple muestreo de cada Bit y se resincroniza en todas las transiciones de alto a bajo.*
- El receptor puede trabajar en el modo de reposo.*
- El transmisor puede producir cadenas de caracteres de reposo o de ruptura.*
- Tanto el transmisor como el receptor pueden trabajar a altas velocidades de transmisión (131.072 KBit/s con E=2.1MHz). Sin embargo el microcontrolador no dispone internamente de convertidores para trasladar los niveles TTL a RS 232 o RS 485.*

#### **4.4.1 Acople al bus**

*En la Fig.2.7 se muestra el esquema circuital del módulo MCU-1, el cual emplea un dispositivo MAX 232 para el acople del MCU con la línea.*

*El MAX 232 [110], es un transmisor/receptor de línea que satisface todos los requerimientos eléctricos de la norma RS 232C/V.28.*

*Pero los transmisores del mismo presentan una resistencia de salida muy baja y no permiten el trabajo del mismo en red; aspecto ya debatido en el epígrafe 3.3.4.*

*Para dar solución a este problema se diseñaron dos variantes nuevas de acople al bus:*

*a) Mediante empleo de la norma RS 485.*

*b) Mediante empleo de la norma RS 232.*

*En la primera variante se tiene la ventaja de trabajar con una norma que presenta una buena inmunidad al ruido, pudiéndose acoplar hasta 32 participantes a la red y distancias cercanas a los 1200 m (sin repetidores).*

*Para no alterar el circuito del modulo MCU-1, se incorporó el receptor/ transmisor SN176AP (interfase TTL-RS 485) en el mismo conector de acople a la Unidad; en la Fig.4.5 se muestra el diagrama con las conexiones realizadas, de forma tal que se mantuviera el diseño original del modulo con posibilidad de acople a una microcomputadora vía RS 232C y además se pudiera trabajar en una red con RS 485.*

*La RS 485 tiene la desventaja de que trabaja en la forma de comunicación semi-Duplex, y por ello hay que utilizar el terminal PD2 del puerto D del MCU para controlar el flujo de información.*

*En la segunda variante se trabaja con la norma RS 232, pero utilizando el MAX 242 [109], el cual posee control independiente de la salida del transmisor (tercer estado) y está diseñado para trabajar con las líneas compartidas (topología de bus).*

En la Fig.4.6 se muestra el nuevo diseño circuital del módulo **MCU-2**, donde se sintetizan las dos variantes anteriores y permite el empleo también del MAX 232 (sus terminales son compatibles con el MAX 242); ello le da una mayor generalidad al módulo. Obsérvese que el terminal PD2 se emplea indistintamente para controlar la transmisión o recepción en ambos casos.

El software desarrollado para el protocolo de comunicación empleado es independiente del tipo de acople al bus; dándole mas universalidad al sistema.

#### **4.4.2 Protocolo de comunicación**

Antes de entrar propiamente en la descripción del protocolo elaborado para la Unidad a microcontroladores, debemos profundizar en las características que presentan los nuevos receptores al trabajar en el modo de reposo (**WAKE UP**). Generalmente se presentan dos formas para salir el receptor del modo de reposo:

**a) Detección de línea en reposo**

**b) Por marca de dirección (Bit mas significativo a "1")**

Ello hizo necesario hacer un análisis de estos para determinar el mas adecuado para el sistema.

##### Línea en Reposo.

Normalmente en estos sistemas de medición pequeños hay muy poco flujo de información y la línea va a estar mas tiempo en reposo que en otros sistemas de comunicación, esto como es lógico provocaría la interrupción de todos los receptores con grandes

tiempos de espera para la recepción de un carácter; afectando la adquisición y el procesamiento de datos.

#### Marca de Dirección.

Generalmente estos sistemas permiten trabajar con 8 o 9 Bits de datos, por lo que se derivan dos variantes :

##### **a) Marca en el Noveno Bit.**

Las microcomputadoras IBM PC/XT/AT tienen interfases de comunicación del tipo 8250 de la INTEL y para poder incorporar un 9no.Bit habría que programar estas con 2 Bits de parada en cada carácter transmitido, lo que provocaría interrupciones constantes en las Unidades esclavas y además en la respuesta de los esclavos habría que mantener el formato de 9 Bits (con el 9no. en alto) para no sacar al 8250 de sincronismo.

Pero ello a su vez provocaría interrupciones en las restantes Unidades en cada carácter transmitido.

##### **b) En el Octavo Bit.**

Utilizar marca de dirección en el octavo Bit ofrece dos posibilidades:

1-Trabajar con 7 Bits de datos, lo cual podría hacerse empleando el código ASCII de 7 Bits, lo que complicaría el software de la Unidad.

2-Trabajar 8 Bits de datos y emplear caracteres de sincronismo especiales (con el Bit mas significativo a "1") que permitan detectar el inicio de un mensaje.

En este caso a diferencia de la situación presentada con marca en el noveno Bit, aquí no todos los caracteres del mensaje

llevarían marca y además se reduce la longitud de los mensajes. Por ello se consideró mas adecuado trabajar con marca de dirección en el octavo Bit y utilizar 8 Bits de datos.

Para la selección de la palabra de sincronismo se tuvo en consideración: a) Número de unos y ceros b) la longitud de la palabra y c) el cumplimiento de la función de auto correlación cíclica .

Como resultado de dicho análisis se escogió la palabra 97H la cual no es mas que una combinación de la palabra 16H utilizada por la **ISO(COI-8)**, pero con Marca en el octavo Bit [40].

Para una adquisición rápida del sincronismo y evitar la probabilidad de que los datos aleatorios simulen la aparición del código de trama, el largo de la palabra debe cumplir con la relación:

$$L \geq 3.32 (\log_{10} N) \quad (4-1)$$

Calcularemos dicha longitud considerando que el número de Bits es  $N=L_{pu}=270$  Bits, cantidad normalmente empleada en el ciclo de muestreo (trabajo en tiempo real).

Evaluando (4.1) se obtuvo,  **$L_{min} \geq 8$  Bits.**

Según **Pérez [135]**, valores prácticos están entre 2 y 5 veces  $L_{min}$ , de ahí que se hayan tomado 16 Bits, utilizando dos palabras de sincronismo iguales a 97H.

A partir de estos precedentes podemos pasar al análisis de la estructura del protocolo de las Unidades con microcontroladores, acorde con los servicios definidos en el epígrafe 3.4.1.

En la Fig.4.7 se muestra el diagrama de flujo que representa el

algoritmo de trabajo de las subrutinas de servicio a la interrupción por comunicación.

En la misma puede ser observado como al despertarse el receptor por una marca de dirección, lo primero que analiza es la presencia o no de los caracteres de sincronismo (97H), de ser estos entonces pasa a analizar si llegó el comando de **Alarma ('A')**, de no ser se pasa a determinar si el mensaje es para la Unidad y por último el comando que debe ejecutarse. En el caso de un mensaje del Amo para una de las Unidades, todas las demás son interrumpidas y el software para el análisis del mensaje demora en ejecutarse  **$T_{im}=89.5 \text{ us}$**  ( $E=2\text{MHz}$ ).

Mientras que en el caso de un mensaje que contenga caracteres con marca de dirección en el octavo Bit, las Unidades serían interrumpidas y el software para el análisis del mismo demoraría en ejecutarse  **$T_{ib}=38 \text{ us}$** .

Considerando la peor situación que se podría presentar en el sistema, con  $N=32$  Unidades trabajando, con paquetes de  $L_{pu}=27$  Bytes de datos y que cada byte transmitido lleve una marca en el **octavo Bit ( $\geq 80H$ )**; vamos a determinar el tiempo total que perderían las Unidades por interrupción:

$$T_{ti} = N.T_{im} + (N.L_{pu}).T_{ib} \quad (4-2)$$

Evaluando (4.2) tenemos,

$$T_{ti}=35696 \text{ us}$$

El cual es insignificante ante el tiempo que dispone la Unidad para la adquisición, el procesamiento y la transmisión de datos.

En la Fig.4.8 se muestran los diagramas de flujo de los

algoritmos desarrollados para cada uno de los servicios:

**a) Configuración b) Lectura de un canal c) Estado y d) Muestreo.**

En la Configuración de la Unidad, esta recibe los parámetros ,los almacena temporalmente en RAM, posteriormente los graba en la EEPROM ,limpia la página cero de la zona RAM ,realiza una copia de los parámetros que requiere , posteriormente pasa a organizar el proceso (determina los canales analógicos activos, su frecuencia de muestreo ,cuales son de conteo y cuales de temporización, en los digitales analiza si son de entrada o de salida etc..) y por último fija la bandera que indica que la Unidad esta lista para el trabajo en tiempo real.

Cuando a la Unidad se le solicita el servicio de Muestreo, esta transfiere el paquete de datos almacenados en RAM para la Unidad Central.

Como una cuestión especial vamos a tratar las facilidades de indicación de alarma, aspecto en el cual las Unidades pueden tomar la iniciativa de avisarle a la Unidad Central.

En la Fig.4.9 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo desarrollado para que una Unidad en caso de detectar situaciones anormales ,pueda avisar rápidamente al nivel superior.

Observándose que se comienza por desactivar el modo "wake up" de la Unidad para poder trabajar con la bandera de línea en reposo.

La Unidad pasa a observar el medio de transmisión y cuando detecta línea en reposo (para evitar choques) provoca una

*ruptura en línea por 2 ms, pasando inmediatamente de nuevo a trabajar en el modo de reposo "wake up", no sin antes fijar la bandera que indica solicitud de alarma.*

*Al detectar el Amo una ruptura en línea, entonces manda un comando de alarma a todas las Unidades, para que la que fijó su bandera sea la que responda mandando información de su estado (identificación del canal con problemas).*

*En el Anexo IV.3 están todas las subrutinas desarrolladas en lenguaje ensamblador del 68HC11 para el protocolo de comunicación.*

*Este protocolo junto al programa de procesamiento ocupa un total de 1075 Bytes de memoria de programa ,144 bytes de memoria de datos (SRAM) y 37 bytes de EEPROM para almacenar los parámetros de la Unidad; mientras que el protocolo como tal ocupa menos de 320 bytes.*

*Por lo que se podría utilizar el microcontrolador 68HC811E2 trabajando en el modo de operación denominado **Simple CHIP** y reduciría los costos de los módulos **MCU-1** y **MCU-2**.*

#### **4.5 Unidad Central (AMO)**

*El sistema fue desarrollado a partir del empleo de una microcomputadora IBM PC/XT/AT como Unidad Central, con las funciones siguientes [24]:*

- Configuración del sistema y parametrización de las Unidades*
- Trabajo en Régimen Manual o Automático*
- Control centralizado de la comunicación con las Unidades.*
- Encuesta cíclica con prioridad selectiva de las Unidades, con*

**almacenamiento de la información.**

**-Trabajo en Tiempo Real.**

**-Trabajo en modo compartido del controlador de comunicaciones con las tareas del usuario.**

#### **4.5.1 Acople al bus**

*En el mundo hay millones de microcomputadoras y todas tienen una cosa en común, disponen de uno o mas puertos RS 232.*

*Para darle una mayor versatilidad al sistema en cuanto al empleo de la norma RS 485 (prácticamente un estándar para sistemas de bus de campo) se diseño y montó un pequeño circuito (incorporado en un conector DB25 o DB9) que convierte la RS 232C a la RS 485 y viceversa ,sin necesidad de incorporar costosas tarjetas especiales en la microcomputadora[40].*

*En la Fig.4.10 se muestra el circuito desarrollado, no existiendo en aquel momento nada parecido en el mercado, pero ya han aparecido a partir de 1993 ofertas en el mercado a un costo de \$78.00 [26].*

#### **4.5.2 Monitor de tiempo real**

*La estructura general del mismo nos permite dividirlo en tres parte fundamentales:*

**-Algoritmo de Instalación**

**-Algoritmo de Tiempo o Régimen Automático**

**-Algoritmo de Teclado o Régimen Manual**

*El monitor de tiempo real tiene la característica de que trabaja en modo compartido con el sistema operativo, por lo que*

a la vez que el sistema esta controlando la comunicación con las Unidades, el usuario puede ejecutar otra tarea de aplicación ,dándole una mayor generalidad al sistema [23][24]. Todos los algoritmos se ejecutan mediante los programas:

**-INICIAL93.EXE**

**-SMITR93.EXE**

#### **4.5.2.1 Algoritmo de Instalación**

Este es el primero que se ejecuta al iniciarse el trabajo del sistema y de el dependerá que entren los demás en funcionamiento o no.

Para ejecutarlo se invoca al programa **SMITR93.EXE**, este emplea una unidad **TSR** (Terminate and Stay Resident) que permite que el programa quede residente en memoria y además se puedan instalar manipuladores de interrupción por teclado y tiempo. En la Fig.4.11 se muestra el diagrama de flujo que describe el algoritmo de instalación, apreciándose en el dos caminos:

a) Donde chequea si el mismo esta residente (en este caso retorna el control al sistema operativo, indicando esta situación)

b) Si nunca ha sido activado, se presenta y procede a establecer las condiciones iniciales, mediante la ejecución del programa **INICIAL93.EXE**.

Aquí se le presenta al usuario un Menú con las opciones siguientes:

**-CONFIGURACIÓN -FECHA -HORA -COMUNICACIÓN -AYUDA -SALIR**

**"Configurar"** el sistema ,no es mas que definir cuantas Unidades

van a estar activas en la aplicación (su número de identificación debe ser entre 1-127 ), en cada una de ellas definir cada que tiempo debe ser muestreada por la Unidad Central (en segundos) de acuerdo a la prioridad definida, establecer en cada Unidad los canales analógicos activos y sus parámetros fundamentales ( rango estático de medición, límites, período de muestreo del canal etc.) , definir en cada Unidad los canales de conteo o temporización activos, así como los canales de entrada y salida digitales (si son activos en alto o bajo y en los de entrada si son de alarma o no). El operador puede salvar en un fichero la configuración preparada o manipular una ya creada de antemano, pudiendo visualizar un resumen de esta para cada Unidad y de forma separada para los canales analógicos y digitales.

De ahí que se ofrezca dentro de la configuración el submenú:

**-Cargar      -Inicializar      -Variar      -Activos      -Ayuda**

También en la instalación el operador puede actualizar la fecha y la hora del reloj de tiempo real de la maquina.

Por último se debe comprobar la comunicación con las Unidades Funcionales, que se definieron como activas en la configuración.

Cuando se ejecuta la opción de Comunicación , la Unidad Central le va solicitando el estado a cada una de las Unidades activas y va informando al operador si están listas o no , en caso de no estar alguna de ellas lista ;el sistema no permite ser activado.

De estar todas listas, se puede pasar a ejecutar la acción

*"Activar", donde el sistema le transfiere a cada Unidad los parámetros de trabajo (definidos o almacenados de antemano para ellas) y acto seguido activa las interrupciones de tiempo y de teclado y devuelve el control al sistema operativo.*

*Queda residente un pequeño programa, el cual se activa por las interrupciones de tiempo o teclado (Régimen Automático o Manual). El operador también puede abortar la instalación mediante la ejecución de la acción Salir.*

#### **4.5.2.2 Algoritmo de Tiempo**

*Ese algoritmo se ejecuta una vez instalado el sistema y ocurra la interrupción de tiempo (cada 1 segundo).*

*El diagrama de flujo de este algoritmo se muestra en la*

*Fig.4.12 y en el se puede observar como es que se decrementa el contador de Ejecuciones y si este llega a cero, entonces se produce un ciclo especial de "Ejecución" (para todas las Unidades con microprocesadores que requieren una base de tiempo, a fin de realizar la adquisición y el procesamiento de los datos).*

*El siguiente paso consiste en decrementar el contador de muestreo de las Unidades activas y si alguno llega a cero entonces se ejecuta el ciclo de "Muestreo" de la Unidad correspondiente .A continuación se recibe el paquete de datos, se chequea y si no se detecta error entonces se almacenan; de acuerdo al protocolo diseñado.*

#### **4.5.2.3 Algoritmo de Teclado**

Mediante la interrupción de teclado con la combinación de teclas */SHIFT/ + /ALT/* es seleccionada la entrada en el mismo, denominándosele también de Régimen Manual.

En la Fig.4.13 se muestra el diagrama de flujo de este, observe como se comienza por salvar la pantalla y la posición del cursor, para que al salir se puedan recuperar ambas, e inmediatamente se presenta el Menú de las opciones Manuales:

**-ESTADO   -ACTIVOS   -LECTURA   -DESACTIVAR   -BASE DE TIEMPO  
-AYUDA   -DESACTIVAR SISTEMA**

Estas opciones le permiten al operador conocer el estado de cualesquiera de las Unidades en activo, leer sus canales de forma individual, cambiar el tiempo de ejecución del sistema (para las Unidades con microprocesadores), conocer cuales son los canales activos de cada una, desactivarlos o no y desactivar el sistema completo si se desea.

Al seleccionar una opción esta se ejecuta y comienza un lazo con la espera de otra opción que finaliza cuando se selecciona **Salir**.

La opción desactivar el sistema libera la bandera MTR para que el programa **SMITR93.EXE** la chequea y entonces deje de trabajar y libera la memoria ocupada.

Una vez activado el sistema, este crea un fichero de datos para cada una de las Unidades.

#### **4.6 Resultados prácticos**

El Sistema de Medición y Supervisión caracterizado en los

*puntos anteriores fue comprobado totalmente, mediante pruebas exhaustivas que se realizaron durante mas de 3 años, tanto en Laboratorios como en la Industria.*

*Durante ese lapso de tiempo se realizaron las evaluaciones siguientes:*

*-Pruebas al protocolo y a los circuitos de conversión TTL-RS 232, mediante el acople de una microcomputadora y un KIT CID 0615.*

*-Pruebas de comunicación entre estos a diferentes distancias (desde 1 hasta 200 metros) y velocidades de transmisión (1200 hasta 9600 Bit/s); empleando tres hilos entrelazados.*

*-Montaje de una red para el laboratorio de Microprocesadores de la Facultad de Ing.Eléctrica con 8 KIT CID 0615 y una microcomputadora IBM PC/XT como Unidad Central. Donde se transmitieron paquetes de hasta 2 Kbytes a 1200 Bit/s; sin detectarse errores.*

*-Montaje del Sistema de Medición y Supervisión del área de Turbocompresores del Combinado Textil "Desembarco del Granma" con 5 Unidades como esclavas a diferentes distancias (2 m. hasta + 300 m.).*

*Para disipar las dudas existentes sobre la influencia del ruido en el sistema, utilizando RS 232 con niveles entre +5V y -15V, sin aislamiento galvánico y con 3 alambres trenzados, se preparó un programa de prueba donde la Unidad Central le solicitaba de forma consecutiva información a los esclavos y llevaba la cuenta acumulativa del total de intentos y de los errores detectados en la recepción de los paquetes (26*

bytes).

*El mismo se aplicó durante diferentes días y horas y para sorpresa no reportó ningún error, ni aún en lapsos de tiempo largos (8 horas con 115 200 intentos).*

*-Durante mas de 10 meses (1991-1992) el comportamiento total del sistema fue evaluado y en ningún momento se le señalaron deficiencias a la comunicación (si a la fiabilidad de los componentes del KIT CID 0615,el cual no estaba diseñado para ambientes industriales de vibración y altas temperaturas).*

*-Posteriormente al sistema se le añadió una nueva Unidad, la del SMI de Aguas Residuales", situada a mas de 300 metros de la Unidad central y las pruebas de comunicación fueron satisfactorias (se empleo la línea telefónica instalada).*

*-También se monto el prototipo de sistema de medición de la Subestación eléctrica principal del combinado textil, donde se evaluaron y comprobaron todas las características del sistema durante el Año 1992.*

*-Desde finales de 1992 se dispuso del Módulo MCU-1 (diseñado en nuestro colectivo), lo cual permitió evaluar y comprobar todas las variantes de protocolos de comunicación a utilizar con las Unidades con microcontroladores.*

*Las pruebas se iniciaron primero con las Unidades trabajando solas en función de la comunicación y posteriormente estas trabajando a máxima capacidad en la adquisición y procesamiento de los datos, incluidas las situaciones de alarma. Las pruebas anteriores se realizaron tanto con las interfases eléctricas RS 232, como con la RS 485 a velocidades*

de 9600 Bit/s y con 3 Unidades en la red.

#### **4.6.1 Herramientas de Software**

Es importante destacar que todos los resultados alcanzados han sido desarrollados y evaluados en tiempo real, producto de que todo el software de las Unidades ha sido puesto a punto por dos herramientas desarrolladas por el autor y el colectivo de trabajo:

**-AMETZ80.EXE** Monitor de puesta a punto para el microprocesador Z80 [76][139].

**-SONLINE68.EXE** Monitor de puesta a punto para micro-controladores de la familia 68HC11 [16][18].

Ambas herramientas desarrolladas en **Turbo Pascal V.5.5** y **V.6.0**, junto a los programas que se incluyen en las Unidades (<400 bytes), permiten directamente trabajar desde una micro-computadora con ellas con las facilidades siguientes:

- a) Ejecutar la corrida de programas en tiempo real (paso a paso, con puntos de ruptura, etc.)**
  - b) Cargar programas ejecutables en la memoria de las Unidades**
  - c) Visualizar zonas de memoria**
  - d) Sustituir valores individuales en las memorias**
  - e) Ver los contenidos de los registros y actualizarlos**
  - f) Almacenar en ficheros los contenidos de las memorias**
  - g) Grabar memorias EEPROM**
  - h) Trabajar por interrupción**
- etc.**

En especial **SONLINE68** se diferencia de otros paquetes

profesionales existentes en el mercado internacional, en que puede trabajar con los MCU en el modo **Bootstrap** (menos de 250 Bytes ocupa), lo cual lo independiza del hardware del sistema donde este instalado el MCU.

#### **4.7 Evaluación económica**

Para hacer un análisis objetivo del sistema vamos a considerar que debemos montar un sistema con 12 Unidades de medición ,como es el caso del sistema para la planta energética del combinado textil (6 en Turbocompresores,3 en Konus Heater,1 en Señales Comunes,1 en Aguas Residuales,1 en Aguas crudas),donde los objetivos están espaciados a diferentes distancias ( 2 m. hasta + 300 m.) ,las señales analógicas a medir no son superiores a 8 en cada lugar y las señales ON/OFF son inferiores a 40.No se considera el costo de los transductores, ni el costo en cable pues son necesarios independientes del sistema que se instale.

Para tener ideas de costo, hemos resumido en la **Tabla # 22**

**(Anexo IV.1)** algunas ofertas de sistemas de medición y/o control de diferentes firmas reconocidas internacionalmente. De la misma se puede sacar el alto costo que tiene la implementación de un sistema con pocas Unidades distribuidas y con pocas variables a medir, lo que justifica los esfuerzos en el desarrollo de un sistema propio en nuestro país para la automatización de pequeñas áreas.

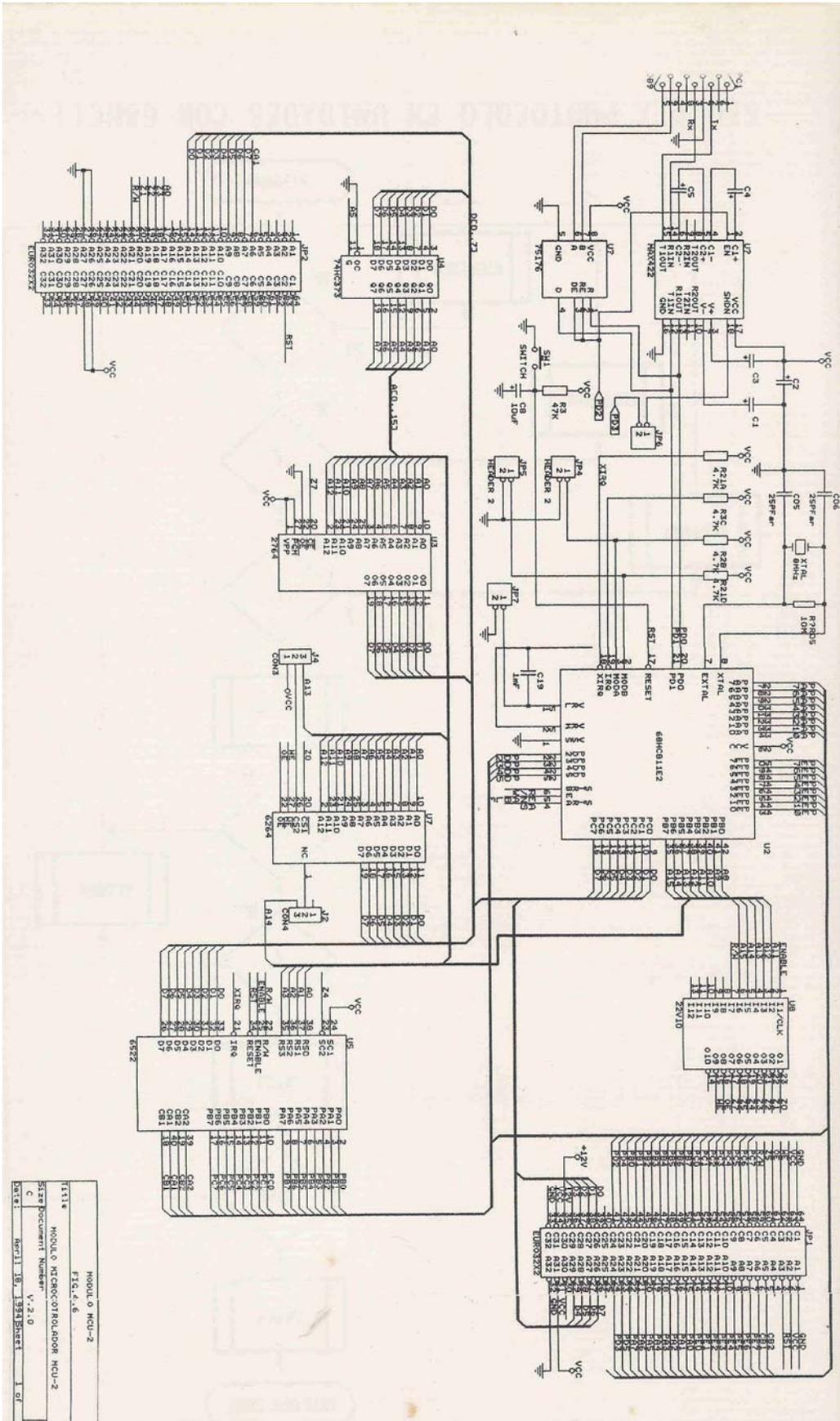
#### **4.8 Conclusiones**

- 1-Se dispone de una red con topología de bus y con interfases RS-232 para el acople de las Unidades a la misma, aspecto no reportado en la literatura. La misma se montó en el Sistema de Medición de Información del Combinado Textil " Desembarco del Granma" , donde a su vez se empleó una novedosa forma de trabajo mediante interrupción (ruptura en línea) para que las Unidades iniciaran el proceso de recepción de los mensajes de la Unidad central y sincronizaran su trabajo en tiempo real.**
- 2-En las Unidades con microprocesadores, sin posibilidades de reloj de tiempo real se logró la sincronización en tiempo de las mismas para ejecutar la adquisición y procesamiento de los datos, mediante la transmisión de un comando de difusión ; aspecto éste no recogido en la literatura.**
- 3-Se demuestra que para el trabajo en sistemas de medición con microcontroladores es mas adecuado emplear el modo de reposo con marca en el octavo Bit, añadiendo a cada mensaje dos caracteres de sincronismo para delimitar el inicio del mismo y evitar problemas en estos protocolos orientados a carácter.**
- 4-Se logra un programa compacto , de procesamiento y de comunicación, para las Unidades Funcionales de medición ; cercano a 1 Kbyte , por lo que puede ser incorporado en la memoria interna de un microcontrolador .**
- 5-El monitor de tiempo real diseñado y probado permite un control de la comunicación con el sistema , almacenando los**

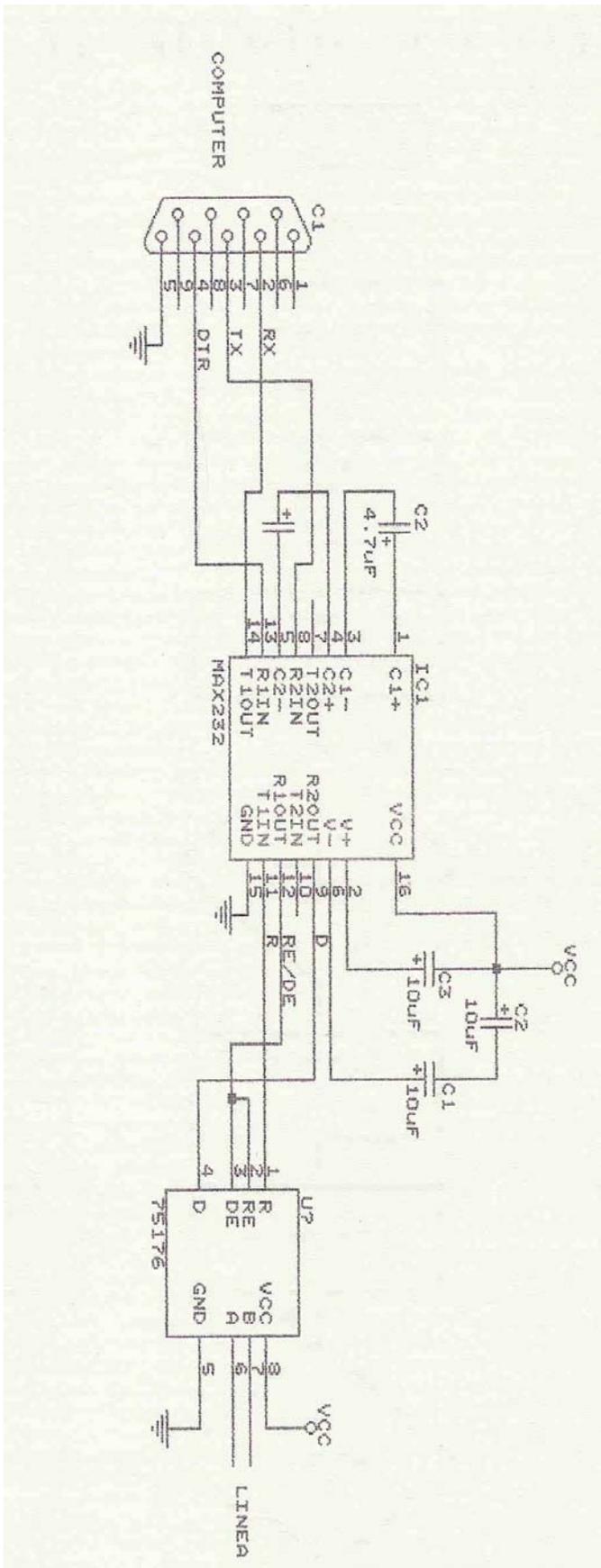
*datos recibidos en ficheros diferentes para cada Unidad ;  
comportándose de forma transparente a las aplicaciones del  
usuario y ofreciéndole una mayor generalidad al Sistema.*

*6-El Sistema de Medición y Supervisión para la automatización  
de pequeñas áreas demuestra que es económicamente factible y  
mucho mas ventajoso que otros Sistemas ofertados en el  
Mercado Internacional.*

*7-Se dispone de dos herramientas de software para la puesta a  
punto de programas en tiempo real y además sirven para el  
análisis del funcionamiento de las Unidades Funcionales de  
medición ante situaciones de fallo.*



MODULE 0 HCU-2  
 FIG. 4.6  
 TITLE: MODULE 0 MICROCONTROLLER HCU-2  
 SIZE: DOCUMENT NUMBER: V-2.0  
 SHEET: 1 of 1



## **CONCLUSIONES**

*Las conclusiones generales del trabajo son:*

- 1. En la mayoría de los Sistemas de Bus de Campo analizados prevalece el criterio de tiempos de respuesta pequeños y el empleo de controladores programables entre sus participantes , por lo que requieren de interfases de comunicación especiales y no aprovechan las facilidades de los interfases de comunicación serie presentes en millones de microcontroladores universales que se producen.*
- 2. Un sistema de Medición y Supervisión puede ser caracterizado como un sistema lento (tiempos de respuestas superiores a 1 segundo), que ofrece una información regular y actualizada , trabaja a bajas velocidades de transmisión , con paquetes de información pequeños , alta seguridad en la transmisión de los datos, flexible a los requerimientos y con amplias facilidades a los usuarios para la configuración y operación del sistema.*
- 3. La estructura de Bus de Campo resulta factible de emplear en un Sistema de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas , satisfaciendo los requisitos de trabajo en tiempo real , fiabilidad, flexibilidad , configurabilidad, parametricidad y costo.*
- 4. En los sistemas de Medición y Supervisión para la automatización de pequeñas áreas, donde están presentes*

*pocas señales por puntos de medición ,lo mas adecuado es el desarrollo de Unidades Inteligentes compactas ,de pequeño tamaño que permitan el empleo de acondicionadores de señales individuales , con el objetivo de lograr un verdadero acercamiento de la inteligencia al sensor y una mayor flexibilidad al sistema.*

- 5. Tomando en consideración los criterios de costo ,tiempos de respuesta, conversión A/D incorporada , capacidad de memoria EEPROM y facilidades de Conteo y Temporización, los microcontroladores de 8 Bits son los mas adecuados para la implementación de las Unidades Funcionales de Medición.*
- 6. La concepción desarrollada para la organización del proceso de adquisición , el procesamiento primario de datos y de aplicación , posibilita una eficiente utilización de las facilidades de una Unidad funcional; teniéndose en la memoria de programa un pequeño software para la organización y otro para la ejecución, acorde con las diferentes funciones que recibe la Unidad durante el ciclo de configuración. Además, se organiza el proceso de muestreo de lo canales analógicos atendiendo al criterio de calidad del muestreo seleccionado y con gastos mínimos de software.*
- 7. Es factible el trabajo en tiempo real en sistemas donde las Unidades Funcionales de Medición no disponen de temporizadores: mediante la transmisión de comandos de sincronización o mediante la solicitud de datos en*

*tiempos fijos.*

- 8. Un criterio de diseño determinante para la automatización de pequeñas áreas lo representan los costos, por ello es que consideramos que un sistema de Medición y Supervisión debe tener topología de Bus, con pares trenzados como medio de transmisión , que permita el empleo de los interfases de comunicación serie presente en los microcontroladores y que emplee como procedimiento de acceso al medio la Encuesta. Este último elemento garantiza una fácil implementación en una microcomputadora de propósito general y en las Unidades funcionales de medición con pocos gastos de software, además permite establecer prioridades entre los participantes y ofrece una mayor flexibilidad al sistema.*
- 9. Es posible realizar un sistema de Medición y Supervisión con topología de Bus y que emplee para el acople al Bus la interfase eléctrica RS-232 , con una aceptable seguridad en la transmisión de información para áreas pequeñas (distancias inferiores a 330m).*
- 10. Se desarrolla un protocolo sencillo y confiable para el sistema que aún bajo condiciones adversas permite atender como mínimo 5 Unidades de Medición.*

*En el se combinan el procedimiento de Encuesta y el de Escucha al Medio (CSMA/CD); lo cual lo distingue de otros sistemas .Orientado a carácter explota las facilidades del trabajo por interrupción presente en los microcontroladores ,mediante la utilización de caracteres*

*de sincronismo para identificar el comienzo de un mensaje ; propiciando que las combinaciones de Bits correspondientes a los caracteres de control si puedan aparecer en el texto del mensaje, aspecto que le hace ser transparente y que resuelve las restricciones existentes en este tipo de protocolo.*

- 11. El monitor de tiempo real permite el control de la comunicación con el sistema, almacena los datos recibidos en ficheros diferentes para cada Unidad y posibilita el desarrollo de cualquier aplicación del usuario de forma transparente , dándole mayor generalidad al sistema.*
- 12. Las dos herramientas de software para la puesta a punto de programas en tiempo real (SONLINE68 para el 68HC11 y AMETZ80 para el Z80) facilitan un trabajo eficiente para el desarrollo de equipos y para la enseñanza de Microprocesadores.*
- 13. El conocimiento sistematizado en el trabajo con los microcontroladores y los Sistemas de Bus de Campo, ha tenido gran utilidad para la docencia de estas técnicas, tanto en Pre-grado , como en Post-grado.*

## BIBLIOGRAFIA

- [1] **Castro Ruz Fidel**: "Informe Central al I Congreso del PCC", Habana ,1976.
- [2] **Castro Ruz Fidel**: "Informe Central al II Congreso del PCC ", Habana ,1991.
- [3] **Comité Central del PCC**: "Lineamientos Económicos y Sociales para el quinquenio 86-90 ", Tercer Congreso del PCC, Habana,1986.
- [4] **Comité Central del PCC**: "Tesis y Resoluciones ", Editorial Ciencias Sociales, Habana, 1978.
- [5] **Guevara De la Serna Ernesto**, Cuba Socialista, Marzo de 1962.
- [6] **Política Nacional de Automatización Industrial**, Junio de 1988, pág.7.
- [7] **Frente de la Electrónica**: "Lineamientos para el análisis de la comisión de Automatización de la Primera Reunión Nacional", 10 de Julio, 1989, pág.5.
- [8] **Abendroth, H.P.**: "Bus-Fähige Schnittstelle nach RS-485/422" , Elektronik , Vol.33 , No.12, Junio 15 de 1984, pág.97-98.
- [9] **AEG**: "Logistat CP 80-modular. Das universelle Automatisierungssystem fuer mittlere und grosse Aufgaben" Programmuebersicht. Firmenschrift A 91, V.01-234403, 01, AEG, 1987.
- [10] **Aguado, A.**: "Controlador de propósito general" , Memorias V Congreso Latinoamericano de Control Automático, Informática 92 , AUT96 , V-2.
- [11] **Aguado, A.**: "Sistema para el control energético de Hoteles", Conferencia Internacional sobre el Control Automático en el Ahorro de Energía, Informática'94, ENE014, 1994.
- [12] **Alabau, A. y Figueras, J.**: "Interconexión de los sistemas informáticos", Serie Mundo Electrónico "Teleinformática y redes de computadores " , Marcombo 1981, pág.23-34.
- [13] **Alvarez, F.**: "Red local para un sistema de medición de información con KIT CID 0615 " , V Simposio de Ing. Eléctrica, UCLV, Noviembre 1990.
- [14] **Alvarez, F. y García, J.L.**: "Datenerfassung-und Verarbeitungssystem fuer eine elektrische Substation", 5. Fachtagung "Anwendung von Mikrorechner in der Mess- und Automati-

- sierungstechnik ,Magdeburg, Tagunsmaterial, Septiembre ,1989, pág.151-154.
- [15] **Alvarez, F.:** "Microcontroladores, fundamentos y aplicaciones de la Familia 68HC11", Ediciones Docentes UCLV, 1991.
- [16] **Alvarez, F. y Pino, I.:** "Sistema de desarrollo para Microcontroladores, familia 68HC11", Memorias V Congreso Latinoamericano de Control Automático (IFAC), Informática 92, AUT 082, Febrero 1992.
- [17] **Alvarez, F.:** "Módulo microcontrolador MCU-1", Logro Científico Técnico, Facultad de Ing. Eléctrica, UCLV, 1993.
- [18] **Alvarez, F. y Pino, I.:** "SONLINE-68 Una herramienta de software para el trabajo con Microcontroladores", Logro Científico Técnico , Facultad de Ingeniería Eléctrica, UCLV, 1993.
- [19] **Alvarez, F.:** "Red Local para un sistema de Medición", IV Simposio de Ingeniería Eléctrica, 1989.
- [20] **Alvarez, F.:** "Acople del KIT CID 0615 a una microcomputadora a través de la RS-232C", CIC , Vol.26, No.50 ,1992.
- [21] **Alvarez, F.:** "Red local con KIT de entrenamiento CID 0615", Logro Científico-Técnico, Fac.Ing.Eléctrica, UCLV, 1990.
- [22] **Alvarez, F.:** "Red local con KIT de Entrenamiento CID 0615" , CIC , Vol.26, No.51, 1992.
- [23] **Alvarez, F. y Conde, H.:** "Sistema de adquisición y procesamiento de datos en tiempo real para pequeñas áreas", Memorias V Congreso Latinoamericano de Control Automático, Vol.2, AUT081, INFORMÁTICA 92, 1992.
- [24] **Alvarez, F.:** "Red Local con Microcontroladores para la automatización de pequeñas áreas", Conferencia Internacional sobre el Control Automático en el Ahorro de Energía, INFORMÁTICA 94, Febrero, 1994.
- [25] **Amador, E.:** "Automatización de variables regulables de centrífugas de azúcar comercial", Trabajo Relevante ,VII Forum de Piezas de Repuesto y Tecnologías de Avanzada, Prov.Villa Clara ,1992.
- [26] **AMPLICOM:** "AMPLICOM LIVELINE CATALOGUE 1993-1994" Amplicom Liveline Limited, 1993.
- [27] **ANALOG DEVICES:** "Data Acquisition and Control Catalog", 1992.

- [28] **ANALOG DEVICES:**"7B Series Signal Conditioners" ,Analog Devices Catalog June 1992,pág.5.
- [29] **Ash,R.H:**"Manufacturing Systems integrated by information and control",Control Engineering ,Vol.33 ,No.5 ,Mayo de 1986 ,pág.67-69.
- [30] **Babb,M.:**"New Industrial Control Networks: Can they survive the factory floor? ", Control Engineering, Vol.33, No.3, Marzo 1986, pág.51-55.
- [31] **Barreras,J.:**"Comandos para el sistema de Medición industrial LTEL/UCLV",T.Diploma UCLV, Tutor:Ing.Félix Alvarez Paliza,1986.
- [32] **Beikirch,H.,Rauchhaupt,L.:**"Kleineautomatisierung mit dezentralen Prozesskopelmoduln (PPM02)",MSR ,Vol.33, No.9,1990, pág.386-388 .
- [33] **Bender,K.,Katz,M.:**PROFIBUS- der Feldbus fuer die Automatisierungstechnik.5.Fachtagung "Anwendung von MR in der Mess- und Automatisierungstechnik",Tagungsmaterial, Magdeburgo,1989,pág.5-20.
- [34] **Biersack,E.W.:**"Performance of the IEEE 802.2 type-2 Logical Link Protocol with selective retransmission" ,IEEE Transactions on Communications ,Vol.41,No.2, Febrero 1993,pág.291-294.
- [35] **Bolton,C.,Pace,W.:**"Extend the range of RS-485 Networks",Electronic Design,Vol.41,No.12,Junio 10,1993,pág.74.
- [36] **Burgess,R.:**"RS 422 and Beyond",Electronic Engineering ,Vol. 53,Octubre de 1981,pág.81-85.
- [37] **Bursky,D.:**"Microcontrollers ICs offer many on-chip Features",Electronic Design,Vol.38,No.15,Agosto 1990, pág.45-50.
- [38] **Bux,W.:**"Local-Área Subnetworks:A performance Comparisson" ,IEEE Transactions on Communications,Vol.COM-29,No.10, Octubre 1981,pág.1465-1473.
- [39] **Campos,A.C.y Barrios,J.:**"Autómata programable",Memorias V Congreso Latinoamericano de Control Automático, Informática 92,AUT63 ,V-2.
- [40] **Carrasco,P.F.:**"Red Local con Microcontroladores",T.Diploma UCLV,Tutor:Ing.Félix Alvarez Paliza,1993.
- [41] **CEDAI:**"Manual del KIT de Entrenamiento CID 0615",CEDAI, INSAC, 1989.

- [42] **Ciarcia, S.:** "Ciarcia's Circuit Cellar: Why Microcontrollers", Part I, Byte, Vol.13, No.8, Agosto 1988, pág.239-245.
- [43] **Ciarcia, S.:** "Ciarcia's Circuit Cellar: Why Microcontrollers", Part II, Byte, Vol.13, No.9, Sept 1988, pág.303-312.
- [44] **Collins, R.:** "Control Systems: Local Area Networks" Machine Design, Vol.60, No.11, Mayo 19 de 1988, pág.40-41.
- [45] **Conde, H.A.:** "Monitor de tiempo real para un sistema de medición y supervisión", T.Diploma, UCLV, Tutor: Ing. Félix Alvarez Paliza, 1991.
- [46] **Cruz, R.:** "Monitor de tiempo real para el sistema de Medición y Supervisión de la Subestacion Eléctrica del C/T "Desembarco del Granma", T.Diploma, UCLV, Tutor: Ing. Félix Alvarez Paliza, 1992.
- [47] **Crowder, R.:** "The MAP specification", Control Engineering Vol.32, No.10, Octubre 1985, pág.22-25.
- [48] **Curtin, M., Smith, M.:** "3 Volt Supply 12 Bit Multichannel data acquisition system samples at 50 KHz", Analog Dialogue, Vol.27, No.1, 1993, pág.12-13.
- [49] **Dataquest:** "The Embedded Control Market Place", Dataquest, 1989.
- [50] **Day, J.D., Zimmermann, H.:** "The ISO Reference Model" Proceedings of the IEEE, Vol.71, No.12, Diciembre 1983, pág.1334-1340.
- [51] **DDC:** "DDC Products Catalog: Data Converters", 1983.
- [52] **Del Castillo, H., Ochoa, L. y Gutiérrez, R.:** "Sistema de medición de información para Turbocompresores", V S Simposio de Ing.Eléctrica, Noviembre de 1990.
- [53] **Edwards, C.:** "The battle with determinism", Micro Technology, Junio 1993, pág.38-39.
- [54] **Edwards, C.:** "PROFIBUS aims to work with ISP", Micro Technology, Julio 1993, pág.4.
- [55] **Fernández, G.:** "Unidades Descentralizadas de Medición" Trabajo de Diploma, UCLV, Tutor: Ing. Félix Alvarez Paliza, 1991.
- [56] **Fincke, U.:** "Principio de Funcionamiento de las unidades descentralizadas de procesamiento de datos", Disertación

- A, T.U "Otto von Guericke", 1988.
- [57] **Frente de la Electrónica**, Comisión Provincial de Villa Clara, Primer Encuentro Técnico, UCLV, 22 de Mayo de 1989.
- [58] **Frente de la Electrónica**: "Resumen de trabajo sobre Automatización Industrial", I Encuentro Nacional del Frente de la Electrónica, 10 Julio 1989.
- [59] **FULLFIP**: Firmenschrift DPT 43008 AN 109. CEGELEC Products and Technology 1989.
- [60] **Furness, H.**; "Fieldbus Serie: Digital Communications provides . . .", Control Engineering, Vol. 41, No. 1, Enero 1994, pág. 55-57
- [61] **FYI**: "An update on Texas Instruments Semiconductors" FYI, Vol. 7, No. 3, Marzo 1990.
- [62] **Gómez, S., Barros C. y Vera, F.**: "La automatización en la optimización energética", CID, Numero especial, Enero 1993, pág. 37-39.
- [63] **González, A.**: "Presente y futuro de las redes de datos", Galitronica'93, Comunicaciones de las Jornadas Técnicas y Conferencias, Octubre 1993, pág. 47-49.
- [64] **Green, P.E.**: "An introduction to Network Architectures and Protocols", IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-28, No. 4, Abril de 1980, pág. 413-424.
- [65] **Grillo, G., Alvarez, F. y Garcia, J.L.**: "Sistemas de medición con Microprocesadores", Monografía, Ediciones Docentes UCLV 1988.
- [66] **Grillo, G.**: "Medición Multiplicativa de señales industriales y su aplicación en la razón de molida en Tandems azucareros", Tesis de Disertación, UCLV, 1990.
- [67] **Grillo, G.**: "Multiprocesamiento analógico-digital en SMI de arquitectura de estrella con microprocesadores", UCLV, CIS, Enero 1992.
- [68] **Gunn, L.**: "Choosing from the rising tide of controllers", Electronic Design, Vol. 37, No. 6, Marzo 23, 1989, pág. 51-60.
- [69] **Güth, R.**: "Computer Systems for Process Control", Plenum Press, New York, 1986.
- [70] **Güttler, F.**: "Kommunikationsstrukturen fuer den Rechner-integrierten Betrieb", W.Z. der T.U. "Otto von Guericke", Magdeburg, Vol. 33, No. 4, 1989, pág. 56-59.
- [71] **Güttler, F.**: "Kommunikation und Datennuebertragung in der Kleinautomatisierung", 5. Fachtagung "Anwendung von MR in

- der Mess- und Automatisierungstechnik" ,Tagungsmaterial, Magdeburgo, 1989,pág.121-126.
- [72] **Güttler, F., Korn, U. y Sahner, G.:** "Mikroelektronik und Automatisierungstechnik in Schwermaschinen und Anlagenbau", W.Z. Technische Universität "Otto Von Guericke", Magdeburg, Vol.27, No.3, 1983 ,pág.15-28.
- [73] **Gyorky, J.R.:** "Decision-making sensors", Machine Design, Vol.65, No.2, Enero 22, 1993, pág.48-56
- [74] **Hagner, L.:** "Configuración de niveles de comunicación digital en sistemas de automatización", Disertación A, T.U "Otto von Guericke" , 1989.
- [75] **Hähnliche, J.:** "Serieller Feldbus für ein Digitalsystem", W.Z.T.U. "Otto von Güericke", Magdeburg, Vol.30, No.8, 1986, pág.19-22.
- [76] **Hernández, D.:** "Programa Monitor para la unidad inteligente de Señales Comunes", T.de Diploma, UCLV, Tutor: Ing. Liliam Ochoa, Consultante: Ing. Félix Álvarez Paliza, 1990.
- [77] **Herrera, F.:** "Controlador Digital con 8748", Control Cibernética y Automatización , 1988.
- [78] **Hohmann, H.:** "Wirtschaftliche Prozessdatenerfassung mit Feldbussystem" , RTP , Vol.26, No.6 1984, pág.257-263.
- [79] **IEC:** "Field Bus Standard for use in Industrial Control Systems. Functional requirements", Draft paper, IEC/TC65C (Secretariat), 1986, pág.9.
- [80] **INTEL:** "8 Bit-Embedded Controllers", Santa Clara, INTEL Corp. 1990 .
- [81] **INTEL** "16 Bit- Embedded Controllers Handbook", INTEL, 1990.
- [82] **INTEL:** "Distributed Control Modules Databook", Swindon: INTEL Corp. 1986.
- [83] **INTEL:** "Bitbus Monitor User's Guide". Firmenschrift 148686 -001, INTEL Corp. 1986.
- [84] **INTEL:** "82256. Control Área Network Chip, Advance Information", INTEL Corp. 1988.
- [85] **INTEL** : "Embedded control applications Handbook" , INTEL 1990.
- [86] **INTERBUS-C:** "Der industrielle Bitbus..das Remote I/O fuer alle Industriecomputer", Firmenschrift 74/87, Phoenix Contact, 1987.

- [87] **INTERBUS-S:** "Das Schnelle E/A-System fuer Siemens SIMATIC-S5 ,Steuungen 115 U,130WB,135U,150S,150U,die alternative zu zentnerschweren Kabelbaeumen", Firmenschrift 75/87, Phoenix Contact,1987 .
- [88] **ISO:** "Information Processing Systems-Open Systems Interconection", Basic Reference Model,ISO 7498,1984.
- [89] **Janssens,G.K.,Rauss,J.,Staelens,D.:**"An implementation approach for local área Network",Computer Networks and SDN systems ,Vol.14 ,No.2-5,1987,pág.365-372.
- [90] **Judge,P.:**"OSI: Same old broom" ,Communications International, Vol.20 ,No.8 ,Agosto 1993,pág.7-10.
- [91] **KLOCKNER MOELLER:**"SUCONET Field Bus SIS-1 Implementation Set",Basic Information, No.11,1988.
- [92] **Koerner,H.,Reisch,D.:**"CIM-The key to the automated Factory",Siemens Power Engineering and Automation, Vol.VII ,No.5,1985 ,pág.315-319.
- [93] **König,H.:**"Kommunikationsprotokolle -Prinzip und Entwicklung" ,Berlin,Akademie Verlag,1990.
- [94] **König,H.:**"LOTOS-eine ISO Spezifikationsprache für vertielte Kommunikationssysteme",Nachrichtentechnik Elektronik,Vol.40 ,No.11,1990,pág.423-426.
- [95] **König,H.:**"Rechnergestützte Entwicklung von Kommunikation-protokollen Möglichkeiten und Grenzen",Nachrichten-technik Elektronik,Vol.39 ,No.10,1989,pág.377-380.
- [96] **Kriesel,W.,Gibas,P.,Reidel,W. y Blanke,W.:**"Feldbus as Mehrebenenkonzept",MSR, Vol.33 ,No.4, Abril 1990, pág.150-153.
- [97] **Laduzinsky,A.J.:** "As Serial Communicatios Buses proliferate will standards develop",Control Engineering, Vol.32,No.10,1985,pág.51-52.
- [98] **Ledón,J.:**"Sistema de Medición de Información para la Industria Azucarera",Tesis de Disertación, UCLV,1982.
- [99] **Leonard,M.:**"Multiplexed buses unravel Auto wiring",Machine Design,Vol.63,No.17,Agosto 22,1991, pág.71-78.
- [100] **Leonard,M.:**"Networked controllers talk over Power Lines",Electronic Design,Vol.40, No.19, Septiembre 17,1992,pág.73-79.
- [101] **LINEAR TECHNOLOGY:**"RS-232 Shock Therapy",Electronic

- Design*, Vol. 41, No. 3, Febrero 4, 1993, pág. 69.
- [102] **Löffler**, H.: "Lokale Netze", Berlin Akademie Verlag, 1987.
- [103] **López**, J.: "Subsistema de medición de información para el área de Tachos", T. Diploma, UCLV, Tutor: Ing. Félix Alvarez Paliza, 1984.
- [104] **Matos**, J.: "El Protocolo Token-Passing", CIC, Monografía Técnica, No. 20, 1987.
- [105] **Matos**, J., Ramos, F. y Santos, S.: "Análisis de protocolos de multiacceso utilizados en redes locales", Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones, Vol. V, No. 4, Noviembre 1984, pág. 138-146.
- [106] **Matos**, J.: "Procedimientos de control de línea", Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones, Vol. 6, No. 4, Noviembre, 1985, pág. 345 -352.
- [107] **Manfield**, D.R.: "Analysis of Polling System with priorities", Proc. GLOBECOM'83, San Diego C.A, 1983, pág. 43-44.
- [108] **Mañalich**, R. y Gómez, S.: "Herramientas para el diseño y configuración de sistemas de control distribuido para procesos tecnológicos ", Conferencia Internacional sobre el Control Automático en el Ahorro de Energía, Informática 94, ENE071, 1994.
- [109] **MAXIM**: "Interface, Analog Design Guide # 2" , Maxim Integrated Products Inc., Tercera Edición 1993.
- [110] **MAXIM**: "CMOS Data Acquisition Products", Spezial Electronic KG, No. 4, 1987.
- [111] **Mayor**, J.J.: "Sistema de comunicación para el SMI Subestación eléctrica ", T. Diploma, UCLV, Tutor: Ing. Félix Alvarez Paliza, 1990.
- [112] **Meiling**, W., Fülle, R.: "Mikroprozessoren und Mikrorechner" , Berlin , Akademie Verlag, 1988.
- [113] **Meißner**, J.: "Desarrollo de un bus de campo para la automatización , bajo consideración especial de la seguridad en la transmisión de datos", Disertación, Universidad Técnica de Ilmenau, RFA, 1989.
- [114] **MessBus**: Schnittstellen und Steuerungsverfahren fuer die serielle Messdatenermittlung, 4 Draht-MessBus. DIN 66348, Teil 2. Entwurf August 1988.
- [115] **Molina**, F.: "Validación del SMI de Turbocompresores"

T.de Diploma,UCLV,Tutor:Ing.Hiram del Castillo,1992.

- [116]**MOTOROLA**:"16 Bit Modular Microcontroller 68HC16Z1"  
,Motorola Inc. ,BR754D,Rev.01,1991.
- [117]**MOTOROLA**:"M68HC11 Reference Manual",Motorola Inc.1992.
- [118]**Mundo Electrónico**: "Conceptos sobre fabricación flexible", Mundo Electrónico,Vol.130, No.166 ,1986, pág.98-107.
- [119]**Munheim**,J.A.:"PROCONTROL 160-Brown Boveri's Distributed Computer Control Systems",Brown Boveri Review,Vol.72, No.6,Junio 1985,pág.285-291 .
- [120]**National Instruments** "IEEE 488 and VXI bus control, Data acquisition and Analysis" Section 3,National Instruments 1994.
- [121]**NEC**:"16-Bit Microcontrollers solve Real-Time needs",Electronic Design,Vol.38,No.23,Diciembre 13,1990,pág.149.
- [122]**NEC**:"The powerful 16 Bits single chip microcomputers",Electronic Engineering ,Vol.62 ,No.768, Diciembre 1990, pág.51-54.
- [123]**Neumann**,P.:"Kommunikationssysteme in der Automatisierungstechnik",Serie Automatizacion, Vol.242,Editorial VerlagTechnik, Berlin,1989.
- [124]**Neumann**,P.:"Kommunikationssysteme in der Automatisierungstechnik",5to.Fachtagung "Anwendung von Mikrorechner in der Mess- und Automatisierungstechnik", T.U."Otto von Guericke" ,Magdeburg,Septiembre de 1989, pág.3-14.
- [125]**Neumann**,P.:"Feldbussysteme auf der INTERKAMA'89",MSR, Vol.33,No.4,Abril 1990,pág.146-149.
- [126]**Ochoa**,L.:"Tarjeta Multipropósito con Z-80" ,IX Forum de Ciencia y Técnica,Provincia de Villa Clara 1993.
- [127]**Otero**,M.E,Trejo,I.:"Sistema de adquisición de datos y control supervisorio para centros de control de estaciones eléctricas ",Memorias V Congreso Latinoamericano de Control Automático, Informática 92,V-2, AUT106,1992.
- [128]**Otero**,M.E,Trejo,I.:"Sistema para el control de Redes Eléctricas " ,Conferencia Internacional sobre el Control Automático en el Ahorro de Energía,Informática'94,ENE004 ,1994.
- [129]**Otero**,V.y Pastrana,B.J.:"Controladores Lógicos

- Programables CEDAI 93XX", Memorias V Congreso Latinoamericano de Control Automático, Informática 92, V-2, AUT064, 1992.
- [130] **Palacios, J.L.:** "Diseño de un sistema de adquisición de Datos acoplado al KIT Z-80 CID 0615" Tesis de Maestría, UCLV, Tutor: Ing. Félix Alvarez Paliza, 1990.
- [131] **Patzke, R.:** "DIN-MessBus: Genormter Feldbus fuer die Messdatenermittlung", 5. Fachtagung "Anwendung von MR in der Mess- und Automatisierungstechnik", Magdeburg 1989, Tagungsmaterial, pág. 159-165.
- [132] **Patzke, R.:** "Serielle Busse fuer die Messdatenertragung", Firmenschrift MFP GmbH, 1988.
- [133] **PEP Modular Computers, Products Selection Guide 1992.**
- [134] **Pérez, P., I. Benitez y E. Uribe:** "SIMMA XA, un sistema inteligente modular de multiprocesamiento para la automatización", Conferencia Internacional sobre el Control Automático en el Ahorro de Energía, Informática 94, ENE042, 1994.
- [135] **Pérez, M.A.:** "Fundamentos de la Transmisión Digital" Editorial Científico Técnica, La Habana, 1980.
- [136] **PHILIPS:** "PDL 1000, Process Data Link System", Firmenschrift Philips Industrial Automation, 1984.
- [137] **PHILIPS:** "Microcontrollers and Microprocessors for embedded control applications", PHILIPS Components 1991.
- [138] **PROFIBUS.** Process Field Bus. Teil 1. Uebertragungstechnik, Buszugriffs- und Uebertragungsprotokoll. Dienstchnittstelle zur Anwendungsschicht, Management. Vornorm DIN (V) 19245, Teil I. DKE 933.3, 1988.
- [139] **Pulido, C.M.:** "Red Local para el laboratorio de Microprocesadores", T. de Diploma, UCLV, Tutores: Ing. José M. Ruiz y Félix Alvarez Paliza, 1989.
- [140] **Readman, G.:** "Low cost Micros aid distribution", Control and Instrumentation, Vol. 20, No. 5, Mayo 1988, pág. 83-85.
- [141] **Reeve, A.:** "Final Stop for the industrial Field Bus", Control and Instrumentation, Vol. 20, No. 1, Enero, 1988, pág. 66-67.
- [142] **Reichwaldt, H.W.:** "Elektronik optisch unterrepräsentiert", Elektronik, Vol. 38, No. 23, Noviembre 10, 1989, pág. 95-96.
- [143] **Rodríguez, E. y Rodríguez, L.:** "Control de parámetros

- ambientales en hoteles", Memorias V Congreso Latinoamericano de Control Automático, Informática 92, V-2, AUT134, 1992.
- [144] **Rodríguez, S., González, E.:** "Arquitectura de sistemas de control para subestaciones eléctricas", Conferencia Internacional sobre el Control Automático en el Ahorro de Energía, Informática '94, ENE029, Febrero, 1994.
- [145] **Rohbeck, V.:** "Zuverlässigkeit bit serieller Feldbus-systeme in Automatisierung anlagen", MSR, Berlin, Vol. 33, No. 4, 1990, pág. 154-156.
- [146] **Romillo, P., Darías, W.:** "Sistema Distribuido de Supervisión y Control (SIDISCO)", Memorias V Congreso Latinoamericano de Control Automático, Informática 92, V-2, AUT132, 1992.
- [147] **Romillo, P., Darías, W.:** "Autómata programable NODOREM CID-1067", Memorias V Congreso Latinoamericano de Control Automático, Informática 92, V-2, AUT127, 1992.
- [148] **Rose, M.T., Cars, D.E.:** "OSI Transport Services on TOP of the TCP", Computer Networks and ISDN systems, Vol. 12, No. 3, 1986, pág. 159-173.
- [149] **RS:** "Electronic and Electrical Components", RS Marzo-Junio, 1993, I Parte.
- [150] **Safavi, M.:** "Single Chip micros an-overview", Electronics & Wireless World, Vol. 96, No. 1654, Agosto 1990, pág. 665-676.
- [151] **Seifart, M.:** "Messwererfassungseinheiten mit rechnernaher Interface elektronik", W.Z. Technische Universität "Otto von Guericke" Magdeburg, Vol. 35, No. 2, 1991, pág. 45-50.
- [152] **Seifart, M.:** "Mikroelektronik und Messwererfassung", MP Mikroprozessortechnik, Vol. 39, No. 2, 1990, pág. 35-38.
- [153] **Scholz, B.:** "Feldbussystem fuer die Kleinautomatisierung", 5. Fachtagung, Magdeburg, 1989, Tagungsmaterial, S. 155-158.
- [154] **Shandle, J.:** "Sensors start to catch up with systems needs", Electronic Design, Vol. 41, No. 13, Junio 24, 1993, pág. 55-69.
- [155] **SIEMENS:** "SIMATIC S5 :S5-100U Automata programable, Red local SINEC L1", Editorial Siemens AG, 1988, pág. 12-1 - 12-10.
- [156] **SIEMENS AG:** "SIMATIC S5 Electronic Terminator ET 100U" Siemens, 1992.

- [157] **SMAR**: "Manual de operación y programación del CD 600" Smar Equipamentos Industriais Ltda, Brasil 1990.
- [158] **SP50**: "Proposed SP 50 Data Link Standard -Draft 0 " SP50.3A-1989-2, MAY 4, 1989.
- [159] **Sturiale, N., Spilo, D.**: "68332 32-Bit Microcontroller, Background Information", Motorola Inc., Rev.01, Marzo 1989.
- [160] **Suárez J.L.**: "SMI para Aguas Residuales", Trabajo de Diploma, UCLV, Tutores: Ing. Sarah Santos y A. Taillacq, 1993.
- [161] **Suchyta, D.**: "Upgrade path for HC11 widens CPU to 16 Bits", Electronic Design, Vol.36, No.21, Noviembre 8, 1990, pág.142.
- [162] **Takagi, H.**: "Analysis of Polling Systems" Cambridge, MA: M.I.T. Press, 1986.
- [163] **TEXAS**: "Linear and interface Applications", Texas Instruments , Vol.2, 1986.
- [164] **Thiel, U.**: "Analyse von Bedienungs disziplinen bei Token-LAN" , Nachrichtentechnik Elektronik , Vol 37, No. 5, 1987, pág.181-184.
- [165] **Tinham, B.**: "Developing MAP for the Process Industries", Control and Instrumentation, Vol.19, No.5 , Mayo 1987, pág.119-125.
- [166] **Tran-Gia, P.**: "Analysis of Polling Systems with General Input Process and Finite Capacity", IEEE Transactions on Communications , Vol.40, No.2, Febrero 1992, pág.337 -344.
- [167] **Uffenbeck, J.**: "Microcomputers and Microporcessors: The 8080, 8085 and Z-80, programming interfacing and Troubleshooting", Prentice Hall, 1991.
- [168] **Váldes, M.C., Rodríguez, E., Cepero, W. y Hernández G.**: "Sistema de adquisición de datos para la Hidroeléctrica Hanabanilla", Informe Técnico, TECENERGO V.C., 1992.
- [169] **Van Tyle, S.**: "Quick look: Controllers", Electronic Design, Vol.38, No.23, Diciembre 13, 1990, pág.81.
- [170] **Vincent, P.**: "Setting the Field Bus standard", Control and Instrumentation, Vol.20, No.5, Mayo 1988, pág.107-111.
- [171] **Walze, H.**: "DIN/PDV-Bus ergänzt MAP im Feldebereich" Elektronik, Vol.36, No.18, Abril 9, 1987, pág.79-84.
- [172] **Williams, D.**: "ADI's smallest, lowest-cost signal-conditioning modules for Process Control", Analog

*Dialogue*, Vol.27, No.1, 1993 ,pág.9-11.

[173] **Winkler, W.**: "Anwendung von Standard in Prozessdatenbus-system", Teil I, MSR, Vol133, No.5, Mayo 1990, pág.194-197.

[174] **Winkler, W.**: "Anwendung von Standard in Prozessdatenbus-system", Teil III, MSR, Vol133, No.9, Septiembre 1990, pág.389-397.

[175] **Woodcock, A.**: "Towards the application of OSI standards", Computer Networks and ISDN systems, Vol.14, No.2-5, 1987, pág.291-295.

[176] **ZILOG**: "Superintegration: A complete Guide to Zilog's superintegration technology and support products", SHORTFORM CATALOG, 1992.

## ANEXO IV.2

```

;*****
;
; PROGRAMA DE COMUNICACION DE LAS UNIDADES CON Z-80
;*****
;
CAN0EQU 0D0h ;CANAL 0 CTC
CAN1EQU 0D1h ; " 1 "
CAN2EQU 0D2h ; " 2 "
CAN3EQU 0D3h ; " 3 "
TR51EQU 0C0h ;BUFFER T/R 8251
RCON51 EQU 0C1h ;REG.CONT. "
C053EQU 80h ;CANAL 0 8253
C153EQU 81h ; " 1 "
C253EQU 82h ; " 2 "
RCON53 EQU 83h ;REG.CONT. "
PA55EQU 0A0h ;PTO.A 8255 #DA4
PB55EQU 0A1h ; " B " "
PC55EQU 0A2h ; " C " "
RCON55 EQU 0A3h ;REG.CONT. "
;*****
;
; ZONA DE DATOS
;*****
;
FPPULS EQU 9D00h ;D.INICIAL DATOS
STACK EQU 9FA0h ;STACK DEL PROG.
;*****
;
; PROGRAMA PRINCIPAL
;*****
;
ORG 0000H
INIC: 1d sp,STACK
;*****
;programacion del 8255 #1 (DA4 CONECTOR XE2)
;*****
1d a,80h ;PTOA SALIDA,
out (RCON55),a ;PTOB Y PTOC SAL.
;*****
;programacion del 8255 #2 (DA24 TEC. Y DISPLAY)
;*****
1da,89h;ptoA sal,Ptob sal
out (93h),a ;ptoC ent.
;*****
;programacion del 8253 para el PI.(canal 1)
;*****
1d a,76h ;canal 1,modo 3,hex.
out (RCON53),a
1d a,82h ;conteo (600HZ)
out (C153),a
1d a,06h
out (C153),a
LD A,0B7 ;Inicializacion del 8253.
OUT (083),A ;PARA GENERAR RAZON BAUDS
LD A,07

```

```

OUT (082),A
LD A,01
OUT (082),A
LD A,0AA ;Inicializacion del 8251.
OUT (0C1),A ;para Tx y Rx a 1200 bauds.
LD A,40
OUT (0C1),A
LD A,4E
OUT (0C1),A
LD A,27
OUT (0C1),A
IN A,(0C0) ;se hacen 2 lecturas falsas
IN A,(0C0)

;*****
;
; inicializacion de la interrupcion
;*****
ld a,0E8h ;vector de interrupcion
out (CAN0),a ;del canal 0 del CTC.

;*****
;
; programacion del CTC CANAL 3 COMUNICACION
;*****
ld a,0F7h ;int,cont,actv.alto,ctte.
out (CAN3),a
ld a,01h ;conteo 1.
out (CAN3),a

LIMP:xor a ;limpia la zona de DATOS,
ld b,0FFh
ld h1,FPPULS
LIMPDA: ld (h1),a
inc h1
djnz LIMPDA

DENUE: LD A,0E8H
OUT (CAN0),A
ld a,03h
ld i,a
IM 2 ;Modo 2 de interrupcion.
EI
CALL LOOP
CALL DELAY
JR DENUE

;*****
;
; ISR DE COMUNICACION
;*****
ORG 0038H

; Automatico ( Ejecucion del programa de trabajo ).
STARTC: IN A,(RCON51)
AND 60H

```

```

        JR    Z,AUTOM
        IN    A,(TR51)
        IN    A,(TR51)
        LD    A,37H
        OUT   (RCON51),A
        JR    STARTC

Autom:  CALL   GETCH
        cp    'E'
        jp    z,EJECUT

; Opciones Manuales desde 1a Unidad Central.

Manual: ld    h1,Code
        cp    (h1)
        jp    nz,quit
        CALL  GETCH
        cp    'S'           ; Status.
        jp    z,Status
        cp    'L'           ; Lectura de un Canal.
        jp    Z,Lect
        cp    'T'           ; Lectura de Todos los canales.
        jp    z,Todos

Quit:   LD    A,0E8H
        OUT   (OD0H),A
        LD    A,03H
        LD    I,A
        EI
        reti
;*****
; Subrutinas de comunicaci3n.
;*****
GetCh:  in    a,(RCON51);Recibe un Caracter
        and   2
        jr    z,GetCh
        in    a,(TR51)
        ret

SendCh: push  af           ;Envía un Caracter
        add  a,d
        ld   d,a
send1:  in    a,(RCON51)
        and  1
        jr   Z,send1
        pop  af
        out  (TR51),a
        ret

; Procedimientos de las opciones manuales.

Status: ld    a,(Estado); Status de 1a Unidad.
        call SendCh

```

```

        jp    Quit

Lect:   call  GetCh      ; Lectura de un Canal.
        sub  1          ; canal-1
        sla  a          ; multiplicacion por 2 (datos)
        ld   h1,FPPULS ; H1 = H1 + A
        add  a,1
        ld   1,a
        ld   b,2        ; cantidad de datos
        ld   d,0        ; suma chequeo = 0
loop1:  ld   a,(h1)
        call SendCh
        inc  h1
        djnz loop1
        ld   a,d
        call SendCh
        jp   Quit

Todos:  push  bc        ;Lectura de Todos los Canales.
        ld   b,30      ;2 datos x 24 canales = 48 datos
        ld   d,0
        ld   h1,FPPULS
loop2:  ld   a,(h1)
        call SendCh
        inc  h1
        djnz loop2
        ld   a,d
        call SendCh
        pop  bc
        jp   Quit

Code:db  '8'          ; direccion de la unidad.
Estado:db  'X'        ;palabra de estado de la U.F

```

**;tabla de interrupcion**

```

TABLA:  ORG  03E8H
        dw  CTC3
        dw  00
        dw  00
        dw  STARTC

        END

```

### ANEXO IV.3

```

;*****;
;PROGRAMA MONITOR DE LAS UNIDADES DE MEDICION CON MCU 68HC11
;*****;

```

```

        PORTA:    EQU    00H
DDRA:    EQU    03H
DDRB:    EQU    02H
DDRD:    EQU    09H
PORTD:    EQU    08H
DDRD:    EQU    09H
TCNT:    EQU    0EH
TIC1:    EQU    10H
TIC2:    EQU    12H
TIC3:    EQU    14H
TCTL2:    EQU    21H
TMSK1:    EQU    22H
TFLG1:    EQU    23H
TMSK2:    EQU    24H
TFLG2:    EQU    25H
PACTL:    EQU    26H
SPCR:    EQU    28H
BAUD:    EQU    2BH
SCCR1:    EQU    2CH
SCCR2:    EQU    2DH
SCSR:    EQU    2EH
SCDR:    EQU    2FH
ADCTL:    EQU    30H
ADR1:    EQU    31H
ADR2:    EQU    32H
ADR3:    EQU    33H
ADR4:    EQU    34H
BPROT:    EQU    35H
OPTION:    EQU    39H
PPROG:    EQU    3BH
HPRIO:    EQU    3CH
INIT:    EQU    3DH

```

```

; REGISTRO DE CONTROL Y PUERTOS DEL 6522 (#4000H)

```

```

ACR:    EQU    0BH
ORA:    EQU    01H
ORB:    EQU    00H

```

```

;*****;
;DEFINICION DE SIMBOLOS Y CONSTANTES

```

```

;*****;
EEPROM:    EQU    0D800H    ;INICIO EEPROM INTERNA (2K)
STACK:    EQU    1FFEH
LIMTE:    EQU    16
CONT:    EQU    32
COPA:    EQU    48
PROMD:    EQU    84
DIRU:    EQU    01H    ;DIRECCION DE LA UNIDAD
CANBYTE:    EQU    02H    ;CANTIDAD BYTES POR CANAL
PTREEROM:    EQU    0D800H    ; ZONA EEPROM CFG

```

```

PTOENTRA:    EQU  6CH      ;SIMULANDO UNA ENTRADA
NEWREG:      EQU  0D000H
EPPROG:      EQU  NEWREG+PPROG
DUMY:        EQU  OFFH
;*****

```

```

;DEFINICION DE ESPACIO EN LA PAGINA CERO DE LA RAM PARA UBICAR
;LOS PARAMETROS, DATOS TEMPORALES Y RESULTADOS DE LA MEDICION
;*****

```

```

ORG  0000H

```

```

TBLCFG:      ;ALMACEN TEMP. CONFIGU
TIEMPO:      DFS  16      ;TIEMPOS DE MUESTREO
LIMITE:      DFS  16      ;LIMITES DE LA SEÑAL
CONTAD:      DFS  16      ;CONT DE ALARMA Y MASCARA
COPIA:       DFS  16      ;COPIA T.DE MUESTREO
COMPARA:     DFS  01      ;NUMERO MAX.DE ERRORES
RAM:         DFS  01      ;COPIA CAN. ACTIVOS
COMP:        DFS  01      ;UTIL DE MASCARA ERRORES
MIN:         DFS  02      ;MINIMO FACTOR PARA DIVIDIR
MINMITAD:    DFS  02      ;MITAD DEL MINIMO
LAST1:       DFS  02      ;ULTIMAS LECTURAS DE LAS IC
LAST2:       DFS  02
LAST3:       DFS  02
CUENTA:      DFS  01      ;INDICA PRIMERA CAPTURA
RAMINFO:     DFS  01      ;COPIA DE LA MASCARA DE IC
MASCPTOC:    DFS  01      ;MASC. CAN.ACTIVOS PTO C
ACTIVOS:     DFS  01      ;COMO SON ACTIVOS CAN.PTO C
DIGIALAR:    DFS  01      ;CAN.DEL PTO C DE ALARMA
CANALES:     DFS  01      ;CONTEO DE CANALES ACTIVOS
ALARMFLG:    DFS  01      ;INFORMACION DE ALARMA

```

```

SUMA:        DFS  02      ;FILTRADO
TEMPORAL:    DFS  02      ;EXPONENCIAL

```

```

;*****
;PAQUETE DE DATOS A TRANSMITIR AL AMO
;*****

```

```

DIRDAT:
PROMED:      DFS  16      ;PROMEDIOS DEL CONV A/D
PERIODO1:    DFS  02      ;PERIODOS DE LAS IC
PERIODO2:    DFS  02
PERIODO3:    DFS  02
PERIODO4:    DFS  02
ESTAPTOC:    DFS  02      ;PTO DE ENT.(A- 6522)+RES.
CONVALAR:    DFS  01      ;ALARMA CAN. CONV A/D
DIGIALAR1:   DFS  01      ;ALARMA DEL PTO C
RAMERRORS:   DFS  01      ;PROBLEMAS EN LA RAM
ROMERRORS:   DFS  01
TIMERERRORS: DFS  01
SCIERRORS:   DFS  01
PORTERRORS:  DFS  01
CONTEO:      DFS  02
CONTEO1:     DFS  02      ;TIEMPO ISR DE T.R
CUENTA2:     DFS  01

```

```

CUENTA3:      DFS  01
CONTEO3:      DFS  01

                ORG  00F0H
PTRDAT:       DFS  2          ;UTILIZADO EN COMUNICACION
CNTDAT:       DFS  2
PTRCFG:       DFS  2
CNTCFG:       DFS  2

```

```

;*****;
;DEFINICION DE LA TABLA DE VECTORES
;*****;

```

```

                ORG  0COBAH      ;SCI
TABLA:         DFB  7EH
                DWM  INI
                DWM  DUMY
                DWM  DUMY
                DWM  DUMY

                ORG  0COD8H      ;IC1,IC2,IC3
TABLAVEC:      DFB  7EH
                DWM  CAPTURA3
                DFB  7EH
                DWM  CAPTURA2
                DFB  7EH
                DWM  CAPTURA1

                ORG  0COE1H      ;RTI
                DFB  7EH
                DWM  ADQUISICION

```

```

;*****;
;PROGRAMA PRINCIPAL
;*****;

```

```

                ORG  100H          ;MONITOR DE PUESTA A PUNTO

START:         LDX  #0000H
COMPROB:       LDAA #55H
                STAA 0,X
                LDAB 0,X
                CBA
                BEQ  RETORNO
                LDAA #55H
                STAA RAMERRORS
RETORNO:       COMA
                STAA 0,X
                LDAB 0,X
                CBA
                BEQ  RETORNO1
                STAA RAMERRORS
RETORNO1:      INX
                CPX  #00FFH

```

```

BNE  COMPROB
NOP
PUERTOS:  LDX  #4000H           ;DIR.6522
          LDAA #03H           ;HAB. PORTA Y PORTB
          STAA ACR,X         ;LATCHES DEL 6522
          LDAA #0FFH        ;PORTB SALIDA
          STAA DDRB,X       ;6522
          LDAA #00H         ;PORTA ENTRADA
          STAA DDRA,X       ;6522

INICOM:   NOP                ;PREPARA COMUNIC.
          LDX  #0D000H      ;
          LDAA #30H         ;VELOCIDAD 9600 BIT/S
          STAA BAUD,X       ;
          LDAA #08H         ;1START,8DATOS,1STOP,
          STAA SCCR1,X      ;MARCA DIR.8vo BIT
          LDAA #26H         ;HAB.INT.(RIE),ACT.Rx
          STAA SCCR2,X     ;Y WAKE UP (RWU=1)
          LDAA #04H
          STAA DDRD,X      ;PD2 CONTROL. RE/DE
          LDAA #00H
          STAA PORTD,X     ;HAB. RECEPTOR
          LDAA #04H         ;MAX PRIORIDAD SCI
          STAA HPRI0,X
          JSR  LIMPIA
          LDY  #PTREEROM
          LDAA 40,Y
          CMPA #0AAH       ;MARCA DE CONFIGU
          BNE  NOUFINI
          JSR  UFINI

NOUFINI:  CLI
OTRAV:   WAI
          BRA  OTRAV

```

\*\*\*\*\*;  
**SUBROUTINAS DEL ORGANIZADOR**  
\*\*\*\*\*;

```

UFINI:   INC  COMP
          LDY  #PTREEROM   ;IY INICIO TABLA CFG.
          LDAA 0,Y        ;MASC.CAN.ANALOG. ACT.
          INY
          LDX  #0D000H
          BCLR PACTL,X,03H ;MIN. FACTOR DE LA RTI
          STAA RAM        ;SE GUARDA EN RAM
          TSTA
          BEQ  NOCANANA   ;NO HAY CAN.ANA.ACT
          JSR  MINIMO     ;CALCULA MIN. FACTOR
          LDX  #00        ;IX INIC. TBL.EN RAM
OTRO:    LSR  RAM        ;ROTA MASC.CAN. ACT.
          BCS  LLENAR     ;SI ACT.LLENA,SINO 0
VOLVER:  LDAB COMP       ;MASC PARA ALARMA EN
          STAB CONT+1,X  ;CANAL Y ALMAC.TABLA
          LSL  COMP       ;PROX. CANAL
          INX            ;INC EL PUNT. CANAL

```

```

INX
CMPB #080H ;COMP=80 FIN LLENAR
BNE OTRO
NOP
NOCANANA: LDAA 0,Y ;IY MASCARA ENT.CAPT
STAA RAMINFO ;SE GUARDA EN RAM
LDAA 1,Y ;APUNTA MASC ENT.DIG.
STAA MASCPTOC ;SE ALMACENAN EN RAM
LDAA 2,Y ; ACT.(ALTO O BAJO)
ANDA MASCPTOC ;
STAA ACTIVOS ; A 0 LOS INACTIVOS
LDAA 3,Y ;CUALES SON DE ALARMA
ANDA MASCPTOC ;
STAA DIGIALAR ; A 0 LOS INACTIVOS
LDAA 4,Y ;INFORMACION DIG.SAL.
LDX #4000H ;SACA POR PTO SALIDA
STAA ORB,X
BSET COMPARA,03H
LDAA RAMINFO
LDX #NEWREG
ANDA #0EH ;CANALES FREC.ACTIVOS
BEQ FINAL
BRCLR RAMINFO,02H,CANAL2 ;BORDE CANAL 3
BSET TCTL2,X,01H
CANAL2: BRCLR RAMINFO,04H,CANAL1 ;BORDE CANAL 2
BSET TCTL2,X,04H
CANAL1: BRCLR RAMINFO,08H,FINAL ;BORDE CANAL 1
BSET TCTL2,X,10H
FINAL: ldab tct12,x
stab conteo3
LDAB #07H ;LIMPIO BANDERA
STAB TFLG1,X
LSRA
STAA TMSK1,X ;INT DE CAN. DE FREC
BSET OPTION,X,80H ;ACTV. VPP DEL C.A/D
LDAA #40H
STAA TMSK2,X ;ACT.INT.RTI(MASC.)
RTS

LLENAR: LDD 0,Y ;TIEMPO DE ESE CANAL
PSHX ;SALVA PUNT. CANAL
LDX MIN ;DIV. TIEMPO(ms) POR
IDIV ;MIN. FACTOR RTI
CPD MINMITAD ;SE APROXIMA
BLS NOSUMA ;MITAD DE MINIMO
INX
NOSUMA: XGDY ;RESULT. OPERACION
PULX ;RECUPERA EL PUNTERO
STD 0,X ;SE ALMACENA EL DATO
STD COPA,X ;SE HACE LA COPIA
INY ;IY APUNTA LIMITES
INY
LDD 0,Y
STD LIMTE,X ;GUARDAN LIM.TABLA

```

```

        INY
        INY
        JMP VOLVER ;APUNTA PROX. TIEMPO

MINIMO: PSHY
        LDD #OFFFHH ;ALMACENA ACCD
        STD MIN ;MAXIMO VALOR
        LDAA RAM
NEXT:   LSRA ;ROTA MASC.CAN. ACT.
        PSHA
        BCC NOCAMBIO ;SI NO ACT.VA A OTRO
        LDD 0,Y ;TIEMPO DE ESE CANAL
        INY
        INY
        INY
        INY ;APUNTA AL PROX CAN
        CPD MIN ;SI MENOR MIN. CAMBIA
        BCC NOCAMBIO
        STD MIN
NOCAMBIO: PULA
          TSTA
          BNE NEXT ;A=0 NO CANALES
          LDD MIN
          CPD #0033 ;COMPARA MIN.CON LOS
          BCS FACTOR2 ;RTI (33,17,8,4)
          LDD #0033
          STD MIN
          BSET PACTL,X,03H ;PROG. RTI INM.INF.
          BRA VOLVAMOS
FACTOR2: CPD #0017
          BCS FACTOR3
          LDD #0017
          STD MIN
          BSET PACTL,X,02H
          BRA VOLVAMOS
FACTOR3: CPD #0008
          BCS FACTOR4
          LDD #0008
          STD MIN
          BSET PACTL,X,01H
          BRA VOLVAMOS
FACTOR4: LDD #0004 ;NO 33,NI 17,NI 8 DEJA
          STD MIN ;LA RTI EN 4ms
VOLVAMOS: LSRB ;ALMACENA LA MITAD DEL
          STD MINMITAD ;MINIMO PARA APROXIMAR
          PULY
          RTS

LIMPIA: LDX #0000H ;LIMPIA PAG.0 RAM
LIMP:   CLR 0,X
        INX
        CPX #0100H
        BNE LIMP
        RTS

```

```

;*****
;SUBROUTINA DE SERVICIO A LA INTERRUPCION DE COMUNICACION
;*****

```

```

                                INI: JSR  GETCH
                                ;ES SYNC 97H
                                CMPA #97H
                                BNE  MONITE
                                JSR  GETCH
                                CMPA #97H
                                BNE  MONITE
                                JSR  GETCH      ;SI HAY SOLICITUD DE
                                CMPA #"A"      ;ALARM(MAX PRIORIDAD)
                                BEQ  ALARMAS
                                CMPA #DIRU
                                BNE  MONITE
COMANDOS: JSR  GETCH
                                CMPA #"L"      ;LECTURA
                                BNE  ADLECTU
                                JSR  GETCH
ADLECTU: JMP  CANAL
                                CMPA #"T"      ;MUESTREO
                                BEQ  TODOS
                                CMPA #"C"      ;CONFIGURACION
                                BEQ  CONFIG
                                CMPA #"S"      ;SOLICITA ESTATUS
                                BEQ  ESTADO
MONITE:  RTI

ALARMAS: LDAA ALARMFLG
                                CMPA #OFFH
                                BNE  MONITE
                                NOP
ESTADO:  CLRB
                                LDAA #DIRU
                                JSR  SENDCH
                                LDX  #DIRDAT
                                LDAA 26,X
                                JSR  SENDCH
                                LDAA 27,X
                                JSR  SENDCH
                                TBA          ;SUMA CHEQUEO
                                JSR  SENDCH
                                CLR  ALARMFLG
                                CLR  26,X   ;LIMPIAR CONVALAR
                                CLR  27,X   ;LIMPIAR DIGIALAR1
                                RTI

CANAL:  LDX  #DIRDAT
                                TAB
                                ABX
                                STX  PTRDAT
                                LDY  #CANBYTE
                                STY  CNTDAT
                                CLRB

```

```

        JSR  READ
        RTI

TODOS:  LDX  #DIRDAT
        STX  PTRDAT
        LDY  #26
        STY  CNTDAT
        CLRB
        JSR  READ
        RTI

CONFIG: CLRB
        JSR  WRITE
        JSR  IEEP
        JSR  LIMPIA
        JSR  UFINI
        JSR  BANDCFG
        RTI

AVISOALARM: LDX  #0D000H
           LDAA #0CH           ;DESH. RWU=0
           STAA SCCR2,X
           LDAA SCSR,X       ;LIMPIEZA DE IDLE
           LDAA SCDR,X       ;PARA CHEQUEAR
           BRCLR SCSR,X,10H,$ ;LINEA EN REPOSO
           BSET PORTD,X,04H  ;HAB. DRIVER
           BSET SCCR2,X,01H  ;ACTIVO BREAK
           LDAA #26H         ;DESACTIVO BREAK
           STAA SCCR2,X     ;HAB. RIE,RX Y RWU
           BCLR PORTD,X,04H  ;HAB. RECEIVER
           BSET ALARMFLG,OFFH ;ACT. BANDERA ALARMA
           RTS

BANDCFG: LDX  #NEWREG
           BSET OPTION,X,50H ;HAB. BIT CSEL
           LDX  #PTREEROM+40
           LDAB #01H
           LDAA #0AAH       ;BANDERA DE CFG.
           JSR  EEP2
           RTS

```

```

;*****;
; SUBRUTINAS DE RECEPCION Y TRANSMISION
;*****;
GETCH:  PSHX
        LDX  #0D000H
GETCH1: BRCLR SCSR,X,20H,GETCH1 ;BANDERA RDRF=0
        LDAA SCDR,X           ;RECIBE UN BYTE
        PSHA
        ABA                   ;SUMA CHEQUEO
        TAB                   ;QUEDA EN ACCB
        PULA
        PULX
        RTS

```

```

SENDCH:  PSHX
         LDX #0D000H
         PSHA
         ABA                               ;SUMA CHEQUEO
         TAB
         BSET PORTD,X,04H                 ;DRIVER ENABLE
         BSET SCCR2,X,08H                 ;HAB.TX
         PULA
         STAA SCDR,X                       ; BUFFER Y TX
SEND1:   BRCLR SCSR,X,40H,SEND1           ;BANDERA TC=1 ?
         BCLR SCCR2,X,08H                 ;DESH. TX OFF
         BCLR PORTD,X,4                   ;RECEIVER ENABLE
         PULX
         RTS

GETPRM:  BSR  GETCH
         STAA PTRCFG                       ;ENTRA  MSB
         BSR  GETCH
         STAA PTRCFG+1
         BSR  GETCH
         STAA CNTCFG                       ;ENTRA  MSB
         BSR  GETCH
         STAA CNTCFG+1
         RTS

WRITE:   PSHX
         PSHY
         BSR  GETPRM
         LDX  PTRCFG                       ;X <-- PUNTERO
         LDY  CNTCFG                       ;Y <-- CANTIDAD
         CLRB
WRITE1:  BSR  GETCH
         STAA 0,X                           ;ESCRIBE BYTE
         INX
         DEY
         BNE  WRITE1
ATRAS:   TBA                               ;SUMA CHEQUEO
         BSR  SENDCH
         PULY
         PULX
         RTS

READ: PSHX
         PSHY
         LDX  PTRDAT
         LDY  CNTDAT
READ1:  LDAA 0,X
         BSR  SENDCH
         INX
         DEY
         BNE  READ1
         BRA  ATRAS
;*****;

```

PROGRAMACION DE LA EEPROM CON LA CFG

;\*\*\*\*\*

```

IEEP: LDX #0D000H
      BSET OPTION,X,50H ;HAB. BIT CSEL
      LDX #PTREEROM ;PUNTERO ZONA EEPROM
      LDY #0000H ;PUNTERO ZONA RAM CFG
      LDAB CNTCFG+1
EEP1: LDAA 0,Y
EEP2: PSHB
      LDAB #16H
      BSR BYTEE ;BORRA UN BYTE
      LDAB #02H
      BSR BYTEE ;ESCRIBE UN BYTE
      PULB
      INX
      INY
      DECB
      BNE EEP1
      LDX #0D000H
      BCLR OPTION,X,50H ;DESH. BIT CSEL
      RTS

```

```

BYTEE: STAB EPPROG
        STAA 0,X
        INCB
        STAB EPPROG
        BSR DLY10 ;DEMORA DE 10MSEG
        CLR EPPROG ;SE DESCONECTA VPP
        RTS

```

;\*\*\*\*\*

DEMORAS POR SOFTWARE

;\*\*\*\*\*

```

DLY25: PSHX ;DELAY 25ms E=2MHz
        LDX #8330
        BRA DLYLP
DLY10: PSHX ;DELAY 10ms
        LDX #3333
        BRA DLYLP
DLY17: PSHX ;DELAY 17ms
        LDX #5700
        BRA DLYLP
DLY1: PSHX ;DELAY 1ms
        LDX #333
        BRA DLYLP
DLYLP: DEX
        BNE DLYLP
        PULX
        RTS

```

;\*\*\*\*\*

ISR DE TIEMPO REAL

;

```

;*****
ADQUISICION:  LDX  #NEWREG
               LDAB #40H                ;ACTIVA LA RTI
               STAB TFLG2,X
               CLI                      ;HAB.INT.GLOBAL
               LDD  TCNT,X
               STD  CONTEO
               LDAA ORA,X                ;ESTADO PTO ENT. DIG.
               ANDA MASCPTOC            ;A 0 BITS NO ACTIVOS
               STAA ESTAPTOC            ;ESTADO DEL PUERTO
               EORA ACTIVOS              ;PONE A 1 LOS CANALES
               EORA MASCPTOC            ;QUE ESTAN ACTIVOS
               ANDA DIGIALAR            ;CHEQUEO ALARMAS ACT.
               STAA DIGIALAR1           ;
               TSTA
               BEQ  NOPROBLEM            ;NO ALARMA DIGITAL
               JSR  AVISOALARM           ;AVISO AL PATRON
NOPROBLEM:    LDAA #0
               LDX  #0                  ;IX APUNTA TABLA
CICLO:       LDY  0,X
               CPY  #0000H              ;TIEMPO ES 0,
               BEQ  CONTINUA            ;CANAL NO ACTIVO
               DEY                      ;SI ACT. DEC TIEMPO
               STY  0,X                  ;LO GUARDA
               BEQ  PROCESO              ;SI 0 SE MUESTREA
CONTINUA:    INCA                        ;PROXIMO CANAL
               INX                        ;IX APUNTANDO AL
               INX                        ;TIEMPO PROX.CANAL
               CPX  #LIMITE              ;COMP. IX CON FIN
               BNE  CICLO                ;SI NO IGUAL CONT.
SIPROBLE:    LDAA CONVALAR              ;ALARMA ANALOGICA
               TSTA
               BEQ  SALIDA
               JSR  AVISOALARM;AVISO AL PATRON
SALIDA:     LDX  #0D000H
               LDAB #40H                ;ACTIVA LA RTI
               STAB TFLG2,X
               LDD  TCNT,X
               SUBD CONTEO1
               RTI
PROCESO:    LDY  COPA,X                  ;REST. EL TIEMPO
               STY  0,X
               LDY  #NEWREG
               STAA ADCTL,Y              ;CANAL A MUESTREAR
               BRCLR ADCTL,Y,80H,$      ;ESPERA FIN CONV.
               PSHA                        ;A DEFINE EL CANAL
               PSHX                        ;PUNTERO DE TIEMPOS
               LDX  #0
               LDAB ADR1,Y                ;SUMA 4 LECTURAS
               ABX                          ;DEL A/D Y QUEDA IX
               LDAB ADR2,Y
               ABX

```

```

LDAB ADR3, Y
ABX
LDAB ADR4, Y
ABX
XGDX ;LA SUMA QUEDA EN D
PULX ;RECUPERA EL PUNTERO
LSRD ;DIV. POR 4 Y HALLA
RORA ;PROM. EL VALOR ENT.
RORB ;QUEDA EN ACCB Y
RORA ;FRACC. EN ACCA.
STAB PROMD, X ;SE ALMACENA
STAA PROMD+1, X
ASLD ;FILTRADO EXPONENCIAL
ASLD
ASLD
ASLD
STD SUMA
LDD PROMED, X
LSRD
LSRD
LSRD
LSRD
STD TEMPORAL
LDD PROMED, X
SUBD TEMPORAL
ADDD SUMA
STD PROMED, X
JSR VALIDAR
PULA ;RECUPERA NUMERO CAN.
BRA CONTINUA

VALIDAR: LDAA PROMD, X ;COMP. CON LIM. INF.
CMPA LIMTE+1, X ;Y SUP. SI ESTA FUERA
BCS PROBLEMA ;LLAMA A PROBLEMA
LDD LIMTE, X
ANDB #00H
CPD PROMD, X
BCS PROBLEMA
RES: CLR CONT, X
RET: RTS

PROBLEMA: INC CONT, X ;PROBL. SE COMPRUEBA
LDAA COMPARA ;SI 3ro CONSECUTIVO,
CMPA CONT, X ;SE ACTIVA LA ALARMA
BNE RET
LDAA CONT+1, X
ORAA CONVALAR
STAA CONVALAR
BRA RES

```

```

;*****
;ISR DE CAPTURA1
;*****
CAPTURA1: LDX #0D000H

```

```

BSET TFLG1,X,04H
CLI ;HAB.INT GLOBAL
BRCLR RAMINFO,80H,NOFREC1;PULSOS O FREC.?
BRCLR CUENTA,80H,SETE01 ;1ra ENTRADA ?
LDD TIC1,X ;CONTEO ACTUAL
SUBD LAST1 ;RESULTADO
STD PERIODO1 ;PERIOD/CANAL
SEGUIR1: LDD TIC1,X ;ACTUALI. CONTEO
STD LAST1
FIN1: RTI

```

```

NOFREC1: LDD PERIODO1 ;PULSOS INCREMENTA
ADD #01H ;CONTADOR DEL CANAL
STD PERIODO1
BRA FIN1

```

```

SETE01: BSET CUENTA,080H ;CON 1ra ENTRADA SE
BRA SEGUIR1 ;LIMPIA BAND.CONTEO

```

```

;*****
;

```

#### ISR DE CAPTURA2

```

;*****
;

```

```

CAPTURA2: LDX #0D000H
BSET TFLG1,X,02H
CLI ;HAB.INT. GLOBAL
BRCLR RAMINFO,40H,NOFREC2
BRCLR CUENTA,40H,SETE02
LDD TIC2,X
SUBD LAST2
STD PERIODO2
SEGUIR2: LDD TIC2,X
STD LAST2
FIN2: RTI

```

```

NOFREC2: LDD PERIODO2
ADD #01H
STD PERIODO2
BRA FIN2

```

```

SETE02: BSET CUENTA,040H
BRA SEGUIR2

```

```

;*****
;

```

#### ISR DE CAPTURA3

```

;*****
;

```

```

CAPTURA3: LDX #0D000H
BSET TFLG1,X,01H
CLI ;HAB. INT.GLOBAL
BRCLR RAMINFO,20H,NOFREC3
BRCLR CUENTA,20H,SETE03
LDD TIC3,X
SUBD LAST3
STD PERIODO3

```

```
SEGUIR3: LDD TIC3,X  
          STD LAST3  
FIN3:RTI  
  
NOFREC3: LDD PERIOD03  
          ADDD #01H  
          STD PERIOD03  
          BRA FIN3  
  
SETE03: BSET CUENTA,20H  
          BRA SEGUIR3
```