

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



Digi-Control S. A.

**“Sistema de Monitoreo y Registro de Máquinas
de Procesos Industriales”**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el Grado de Bachiller en
Ingeniería Electrónica**

Enrique Sequeira Cabrera.

Cartago, 2000

Dedicatoria

A mis padres, que con su guía y sacrificio hicieron posible que culminara esta etapa de mi vida.

Agradecimiento

*A todas las personas que
me ayudaron durante estos
años de estudio.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	4
1.1 Descripción de la empresa	5
1.2 Definición del problema y su importancia	5
1.3 Objetivos	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivos específicos	7
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES	8
2.1 Estudio del problema a resolver	9
2.2 Requerimientos de la empresa	10
2.3 Solución propuesta	11
2.3.1 Monitoreo de las máquinas	11
2.3.2 Registro de la información	14
CAPÍTULO 3: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	16
3.1 Definición de las características de las máquinas que serán monitoreadas	17
3.2 Definición de los dispositivos para acoplar las señales de las máquinas	17
3.3 Diseño y construcción del módulo de monitoreo de cada máquina	17
3.4 Comunicación de la computadora y el módulo de monitoreo	18
3.5 Lazo de comunicación RS485	18
3.6 Confección del programa de registro de la información	19
CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO	21
4.1 Etapa de control	22
4.2 Etapa de acople	24
4.3 Lazo de comunicación RS485	24
CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA	26
5.1 Descripción del software del microcontrolador	27
5.2 Descripción del software de registro y despliegue de información	30
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
6.1 Explicación del diseño	33
6.1.1 Módulo de monitoreo	33

6.1.2 Convertidor RS232 a RS485	36
6.2 Alcances y limitaciones	37
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
7.1 Conclusiones	40
7.2 Recomendaciones	41
BIBLIOGRAFÍA	42
APÉNDICES Y ANEXOS	45
Apéndice 1: Diagramas de flujo del software del microcontrolador	46
Apéndice 2: Diagramas de flujo del software para el registro de la información	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Módulo de monitoreo para cada máquina.	12
Figura 2.2	Torre de luces.	13
Figura A1.1	Diagrama general del microcontrolador.	46
Figura A1.2	Diagrama de flujo de la rutina para ingresar al menú.	47
Figura A1.3	Diagrama de atención a la interrupción del puerto serie.	48
Figura A1.4	Diagrama de la rutina de monitoreo del estado de la máquina.	49
Figura A1.5	Diagrama para ingresar el código de paro de la máquina.	50
Figura A1.6	Diagrama del conteo de paquetes producidos por minuto.	51
Figura A2.1	Diagrama para solicitar la información de cada máquina.	53
Figura A2.2	Diagrama para guardar los datos de cada máquina.	54
Figura A2.3	Diagrama para desplegar los datos de una máquina.	55

RESUMEN

En la industria se trabaja con distintos tipos de máquinas, las cuales por distintos motivos deben detenerse para recibir mantenimiento o reparación.

Por lo general las empresas llevan un control estadístico de su producción, donde se incluye el rendimiento de su maquinaria y equipo. Sin embargo, estos datos no son actualizados constantemente, lo cual puede provocar una baja en la calidad del producto y atrasos en la producción.

Para solventar este problema y tener estadísticas actualizadas del funcionamiento de cada máquina se diseñó y construyó un sistema de monitoreo y registro del estado de distintas máquinas industriales, el cual es capaz de comunicarse con una computadora y desplegar información del comportamiento de cada una de las máquinas.

El circuito diseñado para monitorear cada una de las máquinas se basa en un microcontrolador PIC16F877. Cada máquina monitoreada, se comunica por medio de un lazo RS485 con una computadora para llevar el registro de la información de cada máquina. Para poder transmitir y recibir datos por medio del puerto serie de la computadora se realizó un convertidor RS232 a RS485.

Este lazo de comunicación tiene como características principales, un alcance máximo de 1,2 Km, y el permitir la conexión de un máximo de 128 dispositivos.

El software desarrollado para llevar el registro de la información de cada una de las máquinas monitoreadas permite observar en detalle, el comportamiento diario de cada una de ellas.

Para determinar si la máquina está trabajando, detenida o recibiendo mantenimiento, se toman las señales de una torre de luces ubicada en la máquina.

Palabras claves: Monitoreo / Registro / Microcontrolador / Lazo de comunicación RS485 / Convertidor RS232 – RS485.

ABSTRACT

The industry works with different kinds of machines, some times this machines stops to receive maintenance.

Almost every company has a statistics control of his production, this include the time that each machine works or stops to receive maintenance. Although, this statistics isn't actualized continuously, this situation can produce a low quality product or a production retard.

To solve this problem and has actual statistics of the state of each machine, a registry and monitor system was design and built. This system can communicate with a computer and show the information of each monitored machine.

The designed circuit has a microcontroler, PIC16F877, to determinate the machine state function. To communicate the system with the computer, was utilized the industrial communication system called RS485. It was necessary to make a RS232- RS485 converter to communicate the PC with the designed system.

The industrial communication system, RS485, can communicate over 1.2 Km and can have over 128 transmitters on bus.

Software was made to take and show all the information of the function state of each machine.

Keywords: Monitory / Registry / Microcontroler / RS485 / RS232 – RS485 converter.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la empresa

El proyecto se realizó en Digi-Control S.A., esta empresa tiene como actividades principales el mantenimiento electrónico de equipos industriales y el desarrollo e implementación de sistemas de automatización. En ella laboran nueve empleados.

La compañía fue fundada en 1989 por los Ingenieros Luis Gerardo Valdeperas y Raúl Álvarez A. El gerente de la empresa es el Ing. Raúl Álvarez, quien es ingeniero en mantenimiento industrial, con el grado de licenciado.

El proyecto se desarrolló dentro del departamento de electrónica, en él laboran cinco personas de las cuales una es ingeniero. Por ser una empresa pequeña el departamento no cuenta con un jefe dentro del mismo.

Cuenta con una oficina dedicada para el diseño con su respectivo computador con todos los programas necesarios.

Además cuenta con computadoras personales, osciloscopio, generador de funciones, fuentes de C D, programador universal, programador de PIC's, material para el montaje y reparación de circuitos electrónicos, así como manuales técnicos.

1.2 Definición del problema y su importancia

En la industria se trabaja con diferentes tipos de máquinas, las cuales por distintos motivos deben detenerse para darles mantenimiento o reparación.

Por lo general las empresas llevan un control estadístico de su producción, en el cual se incluye el rendimiento de la maquinaria y equipo. Para esto se toma en cuenta si la máquina está trabajando, necesita mantenimiento pero puede seguir funcionando, detenida por falta de producto o materia prima, o necesita reparación; todo esto con el fin de determinar costos y establecer mejoras en la producción.

Digi-Control S.A. detectó que uno de sus clientes lleva un estricto control de cada una de sus máquinas, sin embargo la forma de llevar este control no les permite tener una base de datos actualizada.

Este control lo lleva el supervisor de cada máquina, por medio de un reporte que se entrega al final de su turno, para que posteriormente esta información sea introducida en la base de datos. Esto presenta el problema de que los gerentes de producción, mantenimiento y manufactura no cuentan con datos actualizados para tomar decisiones, esto puede ocasionar una baja en la calidad del producto y atraso en la producción.

La empresa a la cual se le desarrolló el proyecto cuenta con la certificación ISO9002, por este motivo es que deben mejorar el sistema con el cual llevan el control estadístico de la producción para poder cumplir con todas las normas establecidas en la certificación y poder mantenerla.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseño y construcción de un sistema de monitoreo y registro del estado de distintas máquinas industriales, el cual debe ser capaz de comunicarse con una computadora y desplegar información del comportamiento de cada una de las máquinas.

1.3.2 Objetivos específicos

- a. Definición de las características de las máquinas monitoreadas.
- b. Definición los dispositivos necesarios para acoplar las señales a monitorear en las distintas máquinas.
- c. Diseño y construcción del módulo de monitoreo de cada máquina.
- d. Establecimiento del lazo de comunicación RS485.
- e. Establecer la comunicación entre la computadora de monitoreo y registro con cada módulo de monitoreo.
- f. Confeccionar el programa de monitoreo y almacenamiento de la información capturada por cada módulo.

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES

2.1 Estudio del problema a resolver

Para solucionar este problema es necesario contar con un módulo de monitoreo inteligente, ya que además de monitorear las señales de la máquina, debe tomar decisiones de acuerdo al estado de esta.

El sistema se instalará en una planta industrial, donde se tiene gran cantidad de maquinaria funcionando, por lo que el ruido producido es un factor a tomar en cuenta en el desarrollo del proyecto.

Cada una de las máquinas a monitorear está en zonas diferentes de la planta, y la computadora que se encarga del registro de la información está en un lugar alejado de la misma, por esto el lazo de comunicación debe tener un largo alcance y presentar inmunidad al ruido.

Otra característica que debe tener el lazo de comunicación es que permita la conexión de múltiples dispositivos, ya que a este estarán conectados todos los módulos de monitoreo y la computadora encargada del registro de la información. Al estar integrados todos los módulos en la misma línea de comunicación cada uno debe estar debidamente identificado para que la información que se almacena en la computadora no se confunda.

El programa diseñado para el registro de la información en la PC debe contar con la facilidad de interfazarse con una base de datos y permitir que los archivos sean compartidos por otros usuarios de la red de cómputo.

2.2 Requerimientos de la empresa

A partir de la explicación del problema, el proyecto se dividió en dos etapas, monitoreo de la máquina y registro de la información.

Con respecto al monitoreo de la máquina, se requiere un sistema inteligente de captura de información para determinar el estado de la máquina, es decir, si la máquina está trabajando, está detenida y necesita mantenimiento, requiere mantenimiento pero puede seguir funcionando, o la máquina se encuentra apagada.

Cuando la máquina esté detenida debido a que necesita mantenimiento, el usuario debe introducir al sistema la información referente al tipo de falla de la máquina, por lo que es necesario que el módulo de monitoreo cuente con una interfase con el usuario. Esta información se introduce por medio de códigos. Además, se requiere que el sistema sea capaz de determinar y avisarle al usuario que el código digitado es erróneo.

El módulo para el monitoreo de la máquina debe ser flexible, esto significa que se pueda instalar en máquinas distintas, y que por medio de software se ajusten los parámetros necesarios de acuerdo a la máquina. Este ajuste se realizará por medio de la interfase, al ponerlo en funcionamiento se debe tener la facilidad de indicar el tipo de máquina en que se instaló.

También es necesaria la implementación de un lazo de comunicación que conecte cada módulo con la computadora que procesa la información de cada máquina. Este sistema de comunicación debe tener como características que soporte gran cantidad de módulos conectados y una distancia de comunicación bastante grande, debido a que en una planta las oficinas no se encuentran en el área de producción.

En lo referente al registro de la información, se hace en una computadora en la que se instalará el programa diseñado para el registro de la información de cada máquina. La interacción del usuario con el programa se hace por medio de una interfaz gráfica.

La interfaz gráfica consta de un plano de la planta dividido en zonas y en cada zona se muestran las máquinas que esta contiene. Se requiere que el programa permita seleccionar una zona y muestre las máquinas que están en la zona seleccionada y su estado actual. Al marcar una de las máquinas debe presentar el reporte del estado de la máquina para un periodo de tiempo establecido.

Otro de los requisitos de este programa, es que permita el acceso desde cualquier computadora conectada a la red de la empresa y que cuente con el programa diseñado para el monitoreo y registro de máquinas industriales.

2.3 Solución propuesta

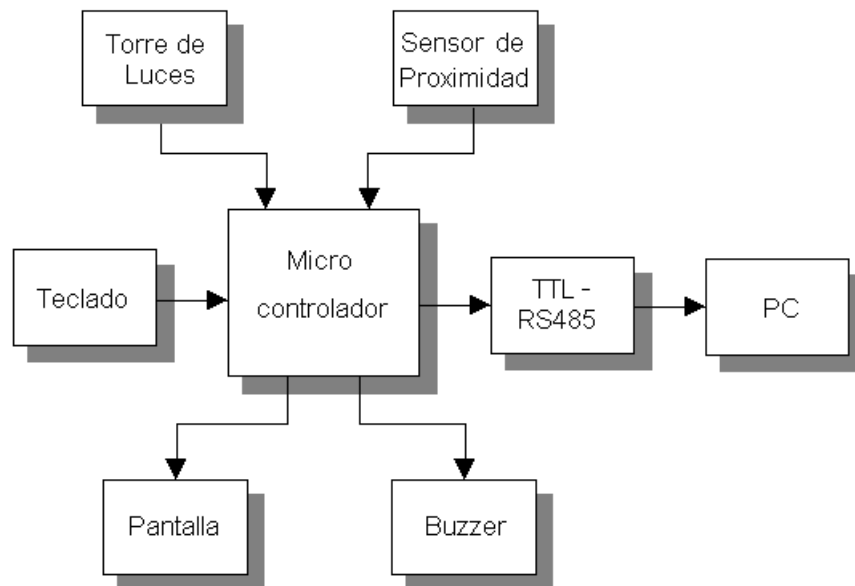
2.3.1 Monitoreo de las máquinas

Se realizó un módulo de monitoreo para cada una de las máquinas, en el cual se captura la información de esta. Cada módulo se comunica con una computadora dedicada al monitoreo y registro de cada una de las máquinas.

El módulo de monitoreo consiste de un microcontrolador, un teclado y una pantalla. Este módulo se encarga de monitorear constantemente el estado de la máquina; estos estados son: máquina apagada, máquina en espera, máquina trabajando, asistencia de mantenimiento (continúa trabajando), asistencia inmediata de mantenimiento (paro total) y paquetes producidos por minuto.

El módulo distingue entre máquinas simples, producen un paquete y máquinas dobles, producen dos paquetes a la vez. Este dato se introduce al instalar el módulo en la máquina y se almacena en memoria EEPROM.

Por medio de un sensor de proximidad, figura 2.1, ya colocado en la máquina se realiza el conteo de paquetes producidos por minuto. El monitoreo del estado de funcionamiento de la máquina se realiza por medio de una torre de luces instalada en la máquina. La señal de esta torre de luces es de 110V AC por lo que fue necesario adecuar esta señal y opto acoplarla antes de que entre al microcontrolador.



Paint

Figura 2.1 Módulo de monitoreo para cada máquina.

Cada uno de los posibles motivos de paro de la máquina están codificados en una tabla. Cuando se detiene una máquina, el sistema solicita el código de paro, el cual debe ser digitado por el operador, si luego de 30 segundos el operador no ha introducido el código correspondiente, se activa el buzzer para recordarle que no ha digitado el código. En caso de que el código sea incorrecto, se activa el buzzer y aparece un mensaje con la indicación correspondiente, para que el operador introduzca de nuevo el dato. La indicación de error se refiere a que el dato digitado está fuera del rango de códigos utilizados por la compañía.

Por medio de la torre de luces se realiza el monitoreo del estado de la máquina. Cada torre consta de tres luces, roja, amarilla y verde. Cuando la luz roja está encendida la máquina está detenida. La luz roja intermitente indica que la máquina necesita asistencia de mantenimiento inmediata. La luz amarilla intermitente indica que la máquina necesita mantenimiento pero puede seguir funcionando. Mientras que la luz verde y la luz amarilla encendidas determinan que la máquina está funcionando correctamente. Si todas las luces están apagadas significa que la máquina está desconectada.



Paint

Figura 2.2 Torre de luces.

Para comunicar al módulo con la computadora se implementó un lazo de comunicación RS485. Este lazo permite un alcance de 1,2 Km y un máximo de 128 dispositivos conectados en él, aunque inicialmente se trabajará con 8 módulos. La comunicación es en ambos sentidos (full duplex). Sin embargo, la transmisión de todos los módulos está deshabilitada, activándose sólo cuando el microcontrolador va a transmitir la información a la computadora. Esto se hace con el objetivo de no cargar el lazo de comunicación.

Cada módulo tiene un número que lo identifica para que cuando la computadora solicite la información de una máquina, sólo este módulo conteste, de esta forma se evita choque de información en la comunicación y confusión de datos. La identificación del módulo se guarda en memoria EEPROM.

2.3.2 Registro de la información

El registro y despliegue de datos se hace por medio de un programa realizado en el lenguaje de programación Delphi. Se utilizó este programa por la facilidad que presenta para el manejo de tablas y bases de datos.

Para almacenar la información se creó una base de datos, la cual consiste en una serie de tablas, una por máquina monitoreada, en la cual se guarda la información de cada uno de los módulos. Los datos que contiene la tabla son: el estado de la máquina, la cantidad de paquetes por minuto, el código de paro, la hora y la fecha en que se realizó la captura de la información.

En la tabla se almacenan datos cada vez que cambia el estado de funcionamiento de la máquina, esto se hace para evitar que el archivo guarde demasiada información y su manejo se haga muy pesado al desplegar los datos del comportamiento de la máquina.

Para evitar choques de información y problemas en la comunicación, la computadora es la encargada de indicar cual módulo es el que debe transmitir la información capturada. Para esto envía un número, que corresponde a la identificación de alguno de los módulos conectados en el sistema. Todos los módulos reciben este dato, pero sólo el módulo que posee como identificación ese número es el que transmite los datos de la máquina. Los demás módulos ignoran el dato recibido por el puerto serie del microcontrolador y continúan monitoreando la máquina.

El despliegue de información se hace por fecha. Para observar el funcionamiento de una máquina el usuario debe digitar una fecha. Si es una fecha válida y se tienen datos para ese día, se despliega en pantalla una tabla que indica la hora en que inició alguno de los posibles estados de funcionamiento, un promedio de los paquetes producidos por minuto y el código de paro correspondiente cuando la máquina fue detenida para darle asistencia inmediata de mantenimiento.

Cuando la fecha elegida es la actual, se observa el comportamiento de la máquina en tiempo real, es decir, cualquier cambio en el estado de esta se percibe en la pantalla.

Si se produce algún problema de comunicación entre algún módulo de monitoreo y la PC, se indica por medio de un mensaje en el archivo correspondiente a esa máquina.

CAPÍTULO 3: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Para obtener la solución planteada y resolver el problema, tomando en cuenta los requerimientos de la empresa, se siguieron los siguientes pasos:

3.1 Definición de las características de las máquinas que serán monitoreadas

Se realizó una visita a la planta para conocer las máquinas en las que se instalará el módulo de monitoreo y sus características con el fin de tener claro todos los componentes con que debe contar cada módulo. Con esta visita se determinó el ambiente en el que estará trabajando el módulo.

3.2 Definición de los dispositivos para acoplar las señales de las máquinas

Con el paso anterior realizado, se definieron los componentes adecuados para acoplar las señales que se toman de la máquina y van al módulo de monitoreo. Para esto se buscó información en los manuales con que cuenta la empresa y en internet.

3.3 Diseño y construcción del módulo de monitoreo de cada máquina

Primero se procedió a escoger el microcontrolador que mejor se adaptó a las necesidades, se hizo un análisis de los distintos tipos que ofrece la empresa Microchip, tomando en cuenta el número de puertos necesarios, cantidad y tipo de memoria, así como su costo para elegir la mejor opción. El microcontrolador elegido fue el PIC16F877.

Luego de la visita a la planta se conoció el ambiente en que estará trabajando cada módulo, con esta información se determinó el tipo de teclado y pantalla que es mejor utilizar, tomando en cuenta el polvo, la humedad y otros factores presentes en la planta.

Para realizar estas escogencias se buscó información en los manuales que tiene la empresa y en los componentes con que cuenta en bodega. Se escogió un teclado de 16 teclas y una pantalla de 2 filas por 16 columnas.

En este punto se realizó la programación de microcontrolador para recibir la información del teclado y desplegar datos en la pantalla. Para verificar el correcto funcionamiento de cada parte se realizaron pruebas de despliegue de mensajes de acuerdo a la tecla presionada.

También se realizaron las rutinas necesarias para monitorear el estado de la torre de luces y el conteo de paquetes producidos por minuto; programación de los registros del microcontrolador (datos y dirección de los puertos, temporizadores), despliegue de mensajes en pantalla y alarma sonora.

3.4 Comunicación de la computadora y el módulo de monitoreo

Antes de implementar el lazo de comunicación RS485, se probaron las rutinas de recepción y transmisión de datos del módulo. Esto con el fin de asegurarse que las rutinas funcionan correctamente y reducir las posibles fallas que se podían presentar al implementar el lazo de comunicación RS485. Para comunicar al módulo con la computadora se utilizó un circuito integrado de Maxim (MAX232A) y el programa Hyper Terminal de Windows.

3.5 Lazo de comunicación RS485

Primero se realizó una investigación de las características de esta red de comunicación.

Para convertir los datos que entran y salen del puerto serie asíncrono del microcontrolador en RS485, se utilizó un chip de Maxim. Para escoger este circuito integrado se bajaron de internet las hojas de datos de los convertidores a RS485 de Maxim. Se escogió el MAX1487 debido a que permite un máximo de 128 dispositivos conectados en el mismo bus de datos.

Para convertir la salida del puerto serie de la computadora (RS232) a RS485, se utilizaron dos circuitos integrados de Maxim, el MAX232A para convertir la salida del puerto a TTL y dos MAX1487 para obtener el estándar de comunicación industrial RS485.

Se realizaron pruebas de comunicación con sólo un módulo para asegurarse que se establecía bien la transmisión y recepción de datos tanto en la computadora como en el microcontrolador.

3.6 Confección del programa de registro de la información

Antes de iniciar la programación en Delphi se estudiaron los comandos del lenguaje, la estructura de programación y el manejo de las bases de datos.

Primero se diseñaron cada una de las pantallas de interfase con el usuario. Luego se procedió a la programación del uso del puerto serie, para que permita enviar un dato de ocho bits y recibir tres datos, también de ocho bits. Estos tres datos enviados por el microcontrolador son el estado de la máquina, cantidad de paquetes producidos por minuto y el código de paro. Para evitar problemas y facilitar el manejo del puerto serie, siempre se deben recibir tres datos. Si se reciben menos datos se debe haber producido un error en la comunicación.

Con el procedimiento del puerto serie funcionando correctamente, se procedió a realizar la estructura de la base de datos. Se creó un archivo o tabla para almacenar la información de cada una de las máquinas monitoreadas. La información que se guarda es la correspondiente al estado de la máquina, la fecha y la hora.

Por último se realizó la programación de los procedimientos para desplegar la información de cada una de las máquinas.

Estos pasos se realizaron con un solo circuito de monitoreo conectado en el lazo de comunicación RS485. Una vez que el programa estuvo funcionando correctamente, se procedió a construir un segundo circuito y a conectarlo en el lazo de comunicación.

Con el segundo circuito conectado en el lazo de comunicación, se probó la comunicación del programa de registro de la información con cada módulo de monitoreo.

Se realizaron todos los ajustes necesarios para que el sistema funcione correctamente con más de un circuito en el lazo de comunicación.

CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO

4.1 Etapa de control

Esta etapa es la encargada de analizar las señales recibidas de la máquina y determinar el estado en que esta se encuentra.

La base de esta etapa es el microcontrolador PIC16F877 de Microchip con tecnología CMOS. Posee un set de 35 instrucciones, por lo que es de tipo RISC, Reduced Instruction Set Computer. También cuenta con 8 Kbytes de memoria de programa del tipo Flash-EEPROM y 192 bytes de memoria de datos SRAM.

Se escogió este microcontrolador por su cantidad de pines de entrada-salida (33), tiene puerto serie asíncrono, dos temporizadores de 8 bits y uno de 16 bits, tiene integrado un convertidor analógico digital que es compartido con los puertos A y E, aunque este convertidor no se utiliza, se dejó previsto para futuras modificaciones en que se tenga que monitorear señales que por su característica requieran un convertidor analógico digital. Otro de los motivos para escoger este microcontrolador se debió a que posee memoria EEPROM, ya que como característica del módulo de monitoreo se deben almacenar algunos datos en una memoria no volátil.

El puerto A del microcontrolador se utiliza como entrada de las señales a monitorear, se dejan libres cinco canales del convertidor analógico digital, 2 del puerto A y los tres bits del puerto E.

El puerto B se utiliza como salida de las señales de control de los diferentes dispositivos conectados al microcontrolador, excepto el bit 0 que se utiliza como interrupción externa para indicarle al microcontrolador que se presionó una tecla.

El puerto C se utiliza como puerto serie asíncrono, el bit 6 es el de transmisión y el 7 de recepción. Estas líneas del puerto C se conectan con los driver de RS485 (MAX1487). Al bit 0 de este puerto no se le puede conectar ninguna señal ya que al utilizar el temporizador 1 (Timer 1) esta línea se convierte en salida de reloj del temporizador. Por medio del bit 4 del puerto B se controla la transmisión del MAX1487.

El puerto D se utiliza como entrada de datos del teclado y como salida de datos a la pantalla.

El teclado utilizado consta de 16 botones de los cuales 10 son números. Para controlar cuando pasan los datos del teclado al microcontrolador se utilizó el decodificador de teclado 74C923N. Por medio de la salida *DA* del 74C923N el microcontrolador detecta que se presionó una tecla y por medio del bit 3 del puerto B habilita la salida \overline{OE} del encoder.

El display utilizado es de tipo LCD con 2 filas y 16 columnas. Emplea una comunicación paralela de 8 bits, bidireccional. Se controla por medio de las entradas RS, E Y RD/RW.

El control del encendido y apagado del buzzer se realiza por medio del bit 2 del puerto C, se utilizó como interruptor un transistor 2N3906, del tipo PNP. El buzzer se activa colocando 0 voltios en la base del transistor.

Para aislar las señales tomadas de la máquina del microcontrolador se utilizan optoacopladores.

Los mensajes con las indicaciones para el operador del equipo se presentan en una pantalla de cristal líquido de 2 filas por 16 columnas.

4.2 Etapa de acople

Esta etapa consiste en adecuar las señales tomadas de la máquina a la tensión que soporta el microcontrolador. Además se aíslan estas, por medio de optoacopladores, del microcontrolador.

La señal tomada de la torre de luces es de corriente alterna por lo que se utiliza un optoacoplador con dos diodos emisores de luz en antiparalelo a la entrada. El optoacoplador que se utilizó fue el H11AA1.

Para realizar el conteo de paquetes producidos por minuto se toma una señal de un sensor de proximidad. Este sensor envía un pulso cada vez que se produce un paquete, por lo que para acoplarla al microcontrolador se utilizó un optoacoplador con sólo un diodo emisor de luz a la entrada.

4.3 Lazo de comunicación RS485

El puerto serie de una computadora envía y recibe datos por medio del protocolo de comunicación denominado RS232 por lo que es necesario convertir esta señal en RS485.

Para esto se desarrollo un convertidor utilizando dos chips de Maxim, el MAX232A y el MAX1487. Con el primero se convierte la señal de transmisión del puerto serie en un nivel TTL y posteriormente con el MAX1487 se convierte la señal TTL en RS485. Con la señal de recepción de este puerto se hace el proceso inverso. Se toma la señal con nivel RS485 y se transforma al nivel TTL con el MAX1487. Luego se transforma en RS232 para que sea interpretada correctamente por el puerto serie de la computadora.

Cuando los datos transmitidos están en el nivel TTL se pasan a través de un optoacoplador para asilar completamente el puerto serie de la computadora del lazo de comunicación al cual están conectados los circuitos de monitoreo.

En el puerto serie asíncrono del microcontrolador se colocan dos MAX1487. Uno en la entrada de recepción y el otro en la salida de transmisión para realizar la conversión de las señales en TTL y RS485 respectivamente.

CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

5.1 Descripción del software del microcontrolador

En el apéndice 2 se muestran los diagramas de flujo del programa del microcontrolador.

En la figura A2.1 se observa el diagrama general del programa, al iniciar el programa, después de un reset o al conectar la alimentación, lo primero que se realiza es la inicialización interna de la pantalla, para esto el microcontrolador entra en un ciclo de espera para dar el tiempo necesario para la inicialización interna de la pantalla. Luego se da la inicializan de los puertos de microcontrolador y de las variables del programa. Al finalizar la inicialización del sistema se puede ingresar al menú del programa para introducir la información de la identificación del módulo y del tipo de máquina. Si se da una interrupción el programa revisa si es del puerto serie, si es la atiende, y pasa a monitorear el estado de la máquina, en caso de estar trabajando continúa con el conteo de paquetes por minuto, de lo contrario prosigue con el proceso de monitoreo.

La figura A2.2 muestra el diagrama de la rutina para ingresar al menú. Para ingresar al menú se debe digitar la clave correcta, de lo contrario el sistema sale de la rutina y continúa monitoreando la máquina.

Si digita la clave correctamente, ingresa al menú y muestra las opciones: Identificación de módulo 1, Tipo de máquina 2 y Salir 3. Al escoger la opción uno el programa le solicita al operador que digite el número del módulo (00 a 99), si se equivoca tiene la opción de limpiar la pantalla presionando la tecla CLEAR, cuando digita la identificación del módulo presiona ENTER, el dato se almacena en la memoria EEPROM y el programa vuelve al menú.

Si escoge la opción dos, se presentará en pantalla: Máquina simple 1, Máquina doble 2; esta escogencia se realiza dependiendo de la producción de la máquina, si realiza un paquete o dos paquetes al mismo tiempo, al igual que la identificación del módulo, esta información se almacena en la memoria EEPROM y el programa retorna al menú. Al escoger la opción tres, salir, el programa sale del menú y continúa con el monitoreo de la máquina.

La figura A2.3 muestra los pasos que sigue el programa para atender una interrupción del puerto serie. Primero verifica si el dato recibido contiene la identificación del módulo, si es así, entonces determina si debe enviar la información del estado de la máquina a la computadora o si no debe transmitir. En el primer caso, envía tres bytes, estado de la máquina, código de paro y paquetes producidos por minuto. En caso de que la máquina este trabajando no existe código de paro, por lo que el dato enviado en este caso es un 0. Cuando termina de transmitir los datos, se da el retorno de interrupción y el programa continúa su ejecución donde quedó antes de la llamada a interrupción.

En la figura A2.4 se tiene el diagrama de flujo del monitoreo del estado de la máquina. Primero revisa si la luz verde está encendida, si lo está, asigna a la variable que indica el estado de la máquina el código correspondiente a máquina trabajando y pasa a la rutina de conteo de paquetes producidos por minuto. Si la luz verde está apagada, revisa el estado de la luz roja que en caso de ser intermitente asigna a la variable el código de asistencia inmediata de mantenimiento y pasa a la rutina que solicita el código de paro.

Si la luz roja es fija indica que la máquina está en espera, es decir, la máquina está detenida pero lista para trabajar. Si la luz roja está apagada, pasa a verificar el estado de la luz amarilla, si esta es intermitente asigna a la variable el código que corresponde a asistencia de mantenimiento, pero si es una luz fija la asigna como máquina trabajando. En ambos casos continúa con la rutina del conteo de paquetes por minuto. Si todas las luces están apagadas, significa que la máquina está apagada. El programa continúa verificando el estado de la máquina.

La figura A2.5 muestra el procedimiento para introducir el código de paro. Al ingresar en esta rutina se activa el contador de tiempo, que se utiliza para avisar al operador después de 30 segundos, por medio del buzzer, que no ha digitado el código de la falla correspondiente al paro de la máquina. Cuando introduce el código el programa verifica que está dentro del rango 01 a 63. Si no es así, activa el buzzer y despliega un mensaje en la pantalla para indicarle que debe digitar nuevamente el código de paro. Si presiona la tecla CLEAR se limpia la pantalla y solicita de nuevo el código. Luego de introducir el código de paro válido el sistema apaga el temporizador y continúa con el monitoreo de la máquina.

En la figura A2.6 se tiene el diagrama del conteo de paquetes producidos por minuto. Al ingresar se activa el temporizador, para realizar el conteo durante cinco segundos. Cada vez que se da un cambio en la señal de entrada de 0 a 5 voltios se aumenta la variable que almacena la cantidad de paquetes producidos por minuto, en una o dos unidades dependiendo del tipo de máquina en que esté el módulo de monitoreo. Luego de terminado el tiempo se apaga el temporizador y el programa sigue verificando el estado de la máquina.

5.2 Descripción del software de registro y despliegue de información

Al ingresar al programa se presentan tres opciones, iniciar la captura de información de cada máquina, ver la información registrada anteriormente o salir del programa.

En la figura A3.1 se muestra el diagrama de flujo para capturar la información de cada uno de los módulos de monitoreo. Al ingresar al programa lo primero que se hace es la inicialización de las variables del sistema.

Cuando se va a transmitir la identificación del módulo para que este envíe la información del estado de la máquina se debe inicializar el puerto serie para poder transmitir y recibir datos. Si se produce algún error con el puerto serie se despliega un mensaje en pantalla y se vuelve a intentar la comunicación nuevamente.

Una vez abierto el puerto se transmite el número que identifica al módulo y se espera por la información del microcontrolador. En caso de no recibir los tres datos que envía el microcontrolador, se almacena el número del módulo, la hora y la fecha en que presentó el problema. Si la comunicación fue correcta se almacena la información recibida en el archivo correspondiente al módulo consultado.

Al terminar la comunicación con uno de los módulos se aumenta la variable que contiene el dato de la identificación del módulo hasta que se llega al último módulo, el número 8. En este punto se coloca a la variable con su valor inicial para comenzar el ciclo nuevamente.

La figura A3.2 muestra el diagrama de flujo del procedimiento que almacena en el archivo correspondiente los datos de cada una de las máquinas. Para evitar que el archivo tenga un tamaño excesivo se realiza una comparación entre el estado actual de la máquina y el estado anterior.

Si estos estados son iguales el programa sale de este procedimiento y continúa solicitando la información de la siguiente máquina. En caso de que sean distintos, abre el archivo y almacena el nuevo estado de la máquina junto con la fecha y hora del evento. Luego de guardar esta información continúa con la comunicación con el siguiente módulo de monitoreo.

En la figura A3.3 se tiene el diagrama de flujo con los pasos para desplegar la información del comportamiento de las máquinas. Primero se debe escoger la máquina que se desea observar. Una vez escogida la máquina se pasa a una ventana en la que el operador debe digitar la fecha de la información que desea observar. Si la fecha es correcta, se desplegará en la pantalla una tabla con la información detallada del comportamiento de la máquina en la fecha indicada. En caso de que la fecha sea incorrecta o no existan datos para la fecha solicitada se despliega un mensaje en la pantalla, indicando que la fecha es inválida. Al presionar 'OK' en el mensaje puede volver a digitar una fecha o salirse de la pantalla.

Si el operador digitó la fecha actual, se presenta en la pantalla el comportamiento de la máquina hasta ese momento, de producirse algún cambio en el estado de esta, la información en la pantalla será actualizada automáticamente.

Cuando se desee observar el estado de otra máquina se debe salir de esta pantalla para escoger la nueva máquina y seguir los pasos anteriores.

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 Explicación del diseño

6.1.1 Módulo de monitoreo

Para realizar el monitoreo de cada máquina se diseñó un circuito, basado en un microcontrolador, para realizar el sensado de cada una de las señales tomadas de la máquina.

Para conectar los distintos dispositivos al microcontrolador se dividieron las señales en datos y señales de control, para conectar al microcontrolador las señales de control en un solo puerto.

Todas las señales tomadas de la máquina están optoacopladas para evitar que le llegue al microcontrolador alguna sobre tensión.

Para aislar la torre de luces del microcontrolador se utilizó un optoacoplador con diodos emisores de luz a la entrada en antiparalelo. Se utilizó este tipo de optoacoplador ya que la señal de la torre de luces es una señal alterna. Para adecuar la tensión de la torre de luces, 120V AC RMS, a los optoacopladores se utilizó un capacitor, en serie se colocó una resistencia de 100Ω como protección. La resistencia funciona como un fusible, en caso de que el capacitor se ponga en corto circuito la resistencia abre el circuito para evitar que otros componentes sean dañados.

Debido a que dos de las luces de la torre pueden ser fijas o intermitentes, fue necesario colocar a la salida de los optoacopladores un circuito RC. Este se utiliza para rectificar la salida pulsante del optoacoplador producida cuando se da el cruce por cero de la señal alterna. Con esto se obtiene un nivel de cinco voltios a la entrada del microcontrolador cuando la luz es fija. Mientras que cuando la luz es intermitente, se tiene una señal que varía entre 0 y 5 voltios.

En el acople del sensor de proximidad, ya colocado en la maquina, se utilizó un optoacoplador sencillo, es decir, con sólo un diodo emisor de luz a la entrada, porque la señal enviada por este sensor es un pulso de corriente directa de 12 V.

Para determinar si una luz es fija o intermitente fue necesario sensar el nivel de esta durante un tiempo, por lo que se utilizó el temporizador que posee el microcontrolador y la interrupción generada por este para determinar el tiempo de sensado de cada una de las luces de la torre.

La comunicación del circuito de monitoreo con la computadora de registro de la información se realiza por medio del puerto serie asíncrono. La velocidad de comunicación se define por medio de la programación de un registro del microcontrolador. En este registro se almacena un valor que está relacionado con la señal de reloj del microcontrolador, debido a esto la velocidad de comunicación obtenida difiere alrededor del 3%, en el peor de los casos, de la velocidad de comunicación estándar del puerto serie de una computadora.

Para enlazar a la computadora con los ocho módulos de monitoreo, fue necesario un sistema de comunicación que soporte varios dispositivos conectados en el mismo lazo de comunicación y que permita la comunicación en una distancia bastante grande. Por este motivo se utilizó el sistema de comunicación industrial RS485. Para pasar de señales TTL a RS485 se utilizó el circuito integrado de Maxim MAX1487. Este integrado permite conectar en el mismo lazo de comunicación 128 dispositivos a una distancia máxima de 1,2 Km.

Otra de las características importantes de este sistema de comunicación es su inmunidad al ruido, lo que es muy importante en un lugar donde se tienen gran cantidad de motores funcionando. La inmunidad al ruido se obtiene de la forma de transmitir los datos, que es por medio de lazos de corriente.

Aunque este sistema de comunicación permite tener conectados hasta 128 dispositivos, sólo se puede tener uno con la transmisión habilitada. Esto se debe a que al tener más de uno con la transmisión habilitada, la línea se carga y los niveles de tensión no son los adecuados. Esto provoca problemas principalmente en la computadora, ya que al convertir la señal al protocolo del puerto serie, y no tener el nivel de tensión adecuado no es posible para el puerto interpretar correctamente los datos, provocando un error en la recepción.

Esto se solucionó desactivando la transmisión de todos los módulos de monitoreo y habilitándola solamente cuando el módulo debe enviar los datos a la computadora para almacenar la información de la maquina.

Aunque el teclado utilizado no es matricial, se usó un decodificador de teclado. Esto se realizó principalmente para tener control sobre cuando pasar los datos del teclado y evitar que al microcontrolador le llegaran señales cuando no fuera necesario. Para esto se utilizó la entrada de interrupción externa del microcontrolador conectada a la salida del decodificador que indica que hay un dato en la salida de datos del decodificador. Se trabajó con la interrupción deshabilitada, para tener control completo de cuando leer los datos del teclado. Aunque la interrupción esté desactivada, la bandera de interrupción siempre se activa, por lo que cuando se esperan datos del teclado se revisa esta bandera y no se continúa en la ejecución del programa del microcontrolador hasta que se reciben los datos por el puerto.

El control del encendido y apagado del buzzer se realiza con un transistor PNP como interruptor para evitar que el microcontrolador sea el que suministre la corriente necesaria para activar el buzzer y sea la fuente de alimentación la que suministre la corriente. Con esta conexión el microcontrolador sólo debe suministrar la corriente que va a la base del transistor.

6.1.2 Convertidor RS232 a RS485

La salida del puerto serie de la computadora está en el protocolo de comunicación RS232. Se utilizó un circuito integrado de Maxim, MAX232A, para convertir los datos del puerto en señales TTL y el MAX1487 en convertir los datos TTL a RS485.

Para proteger al puerto de la computadora se aisló totalmente el puerto serie del lazo de comunicación. Por medio de optoacopladores se aisló tanto la salida de transmisión como la entrada de recepción de datos de la computadora. También se utilizó un convertidor DC – DC para aislar la alimentación de los chips que reciben la señal directamente del lazo de comunicación.

El convertidor utilizado tiene una entrada nominal de 12 V, una salida de 15 V y entrega una corriente máxima de 100 mA, proporciona un aislamiento total de 1000 V DC, lo que garantiza que al puerto serie de la computadora no le llegará ninguna tensión que lo pueda dañar.

6.2 Alcances y limitaciones

El sistema diseñado permite conectar en el mismo lazo de comunicación un máximo de 128 dispositivos, con una distancia máxima de 1,2 Km pudiéndose ampliar al colocar un repetidor antes de superar la distancia máxima.

Un inconveniente que presenta el diseño es la velocidad máxima de transmisión, la cual está en 1200 baudios, debido a que los optoacopladores utilizados en el convertidor RS232 a RS485 no permiten trabajar a altas velocidades porque deforman la forma de la señal. Sin embargo, se solventa fácilmente este problema al cambiar estos optoacopladores por unos especiales para aplicaciones de comunicación.

Inicialmente se propuso realizar la comunicación en ambos sentidos por medio del mismo par de cables, sin embargo esto no fue posible, debido a que se presentaron varios problemas en la implementación de la comunicación half duplex, por lo que se decidió realizar la transmisión y la recepción de datos por separado.

Esto hace que el sistema diseñado tenga cierto grado de ineficiencia, ya que en ningún momento se realizará una transmisión y una recepción de datos simultánea. Esto se debe a que la computadora es la encargada de solicitar la información capturada por cada módulo, y al solicitarla espera la respuesta del módulo, en caso de no recibir datos, guarda en un archivo el error de comunicación con ese módulo y continúa solicitando la información de la siguiente máquina.

El despliegue de la información capturada en la computadora para el registro de la información permite observar el comportamiento total o diario de cada una de las máquinas, sin embargo se presenta la limitación de que el periodo de tiempo para el que muestra los datos no se puede variar, es decir, el usuario no puede observar el comportamiento de la máquina durante una semana. Sin embargo, es una mejora que se puede realizar.

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- a. Se diseñó y construyó un circuito para realizar el monitoreo del estado de una máquina industrial, tomando las señales de una torre de luces que indica el funcionamiento de esta.
- b. Se implementó un lazo de comunicación RS485 capaz de tener conectados un máximo de 128 dispositivos con un alcance de 1,2 Km.
- c. Se estableció comunicación entre una computadora y cada módulo de monitoreo por medio de un convertidor RS232 a RS485.
- d. Se realizó un software en lenguaje de alto nivel para el registro de la información de las máquinas monitoreadas.
- e. El programa de registro de la información permite analizar la información del estado funcionamiento de las máquinas de acuerdo a la fecha.

7.2 Recomendaciones

- a. Para hacer al sistema más eficiente se debe trabajar en la implementación de la comunicación half duplex.
- b. Permitir que el despliegue de la información de las máquinas sea para periodos de tiempo mayores a un día, por ejemplo una semana.
- c. Mejorar la rutina del microcontrolador para el conteo de paquetes producidos por minuto. Debido a que en la forma en que está actualmente se pueden presentar variaciones de varios paquetes en dos mediciones seguidas.

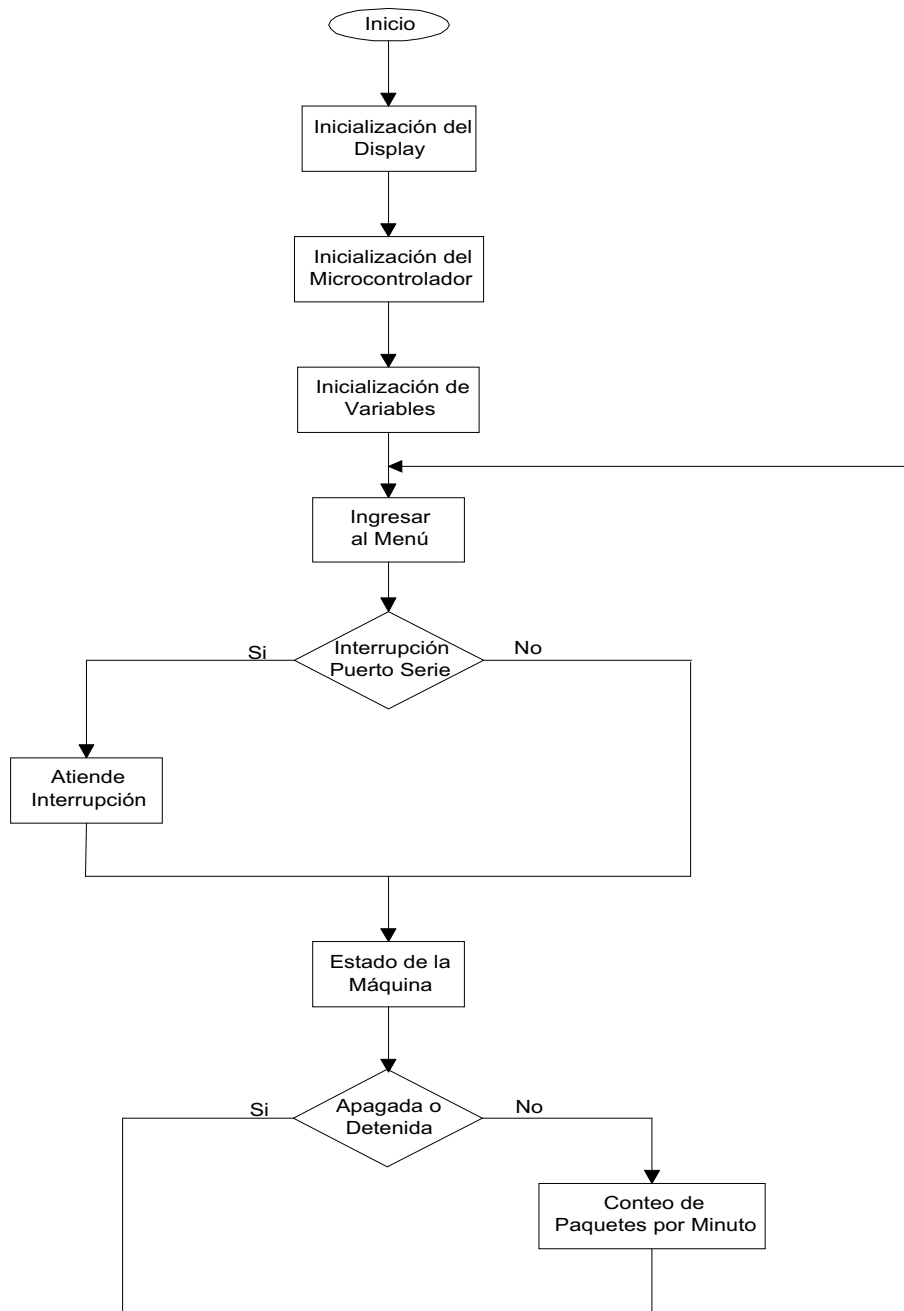
BIBLIOGRAFÍA

- Microchip. 1996-1997 PIC16/17 microcontroler data book. Arizona: Microchip Technology, 1996.
- Osier, D.; Grobman, S. y Batson, S. Aprendiendo Delphi en 21 días. México: McGraw-Hill Hispanoamericana, 1996.
- Microchip. July 1999 Technical library CD-ROOM: PIC16F87X data sheet. Arizona: Microchip Technology, 1998.
- Microchip. July 1999 Technical library CD-ROOM: PICmicro mid-range MCU reference manual. Arizona: Microchip Technology, 1997.
- Datel. “Dual output BWR models, low-cost, DIP-package 3 watt, DC/DC converters.” 1999. <<http://www.datel.com/data/power/bwr3w.pdf>> (18 oct. 2000).
- Maxim. “±15 kV ESD-protected, slew-rate-limited, low-power, RS-485/RS-422 transceivers.” 1998. <<http://pdfserv.maxim-ic.com/arpdf/1111.pdf>> (25 ago. 2000).
- Maxim. “+5V-powered, multichannel RS-232 drivers/receivers.” 2000. <<http://pdfserv.maxim-ic.com/arpdf/1798.pdf>> (8 set. 2000).
- National Semiconductor. “MM54C922/MM74C922 16-key encoder, MM54C923/MM74C923 20-key encoder.” 1993. <<http://www.national.com/pf/MM/MM54C922.html>> (25 ago. 2000).

QT Optoelectronics. “AC input/phototransistor optocouplers.”
<<http://www.gtopto.com/oi/o0111e.pl5?H11AA1&H11AAX.pdf&314>> (23 ago.
2000).

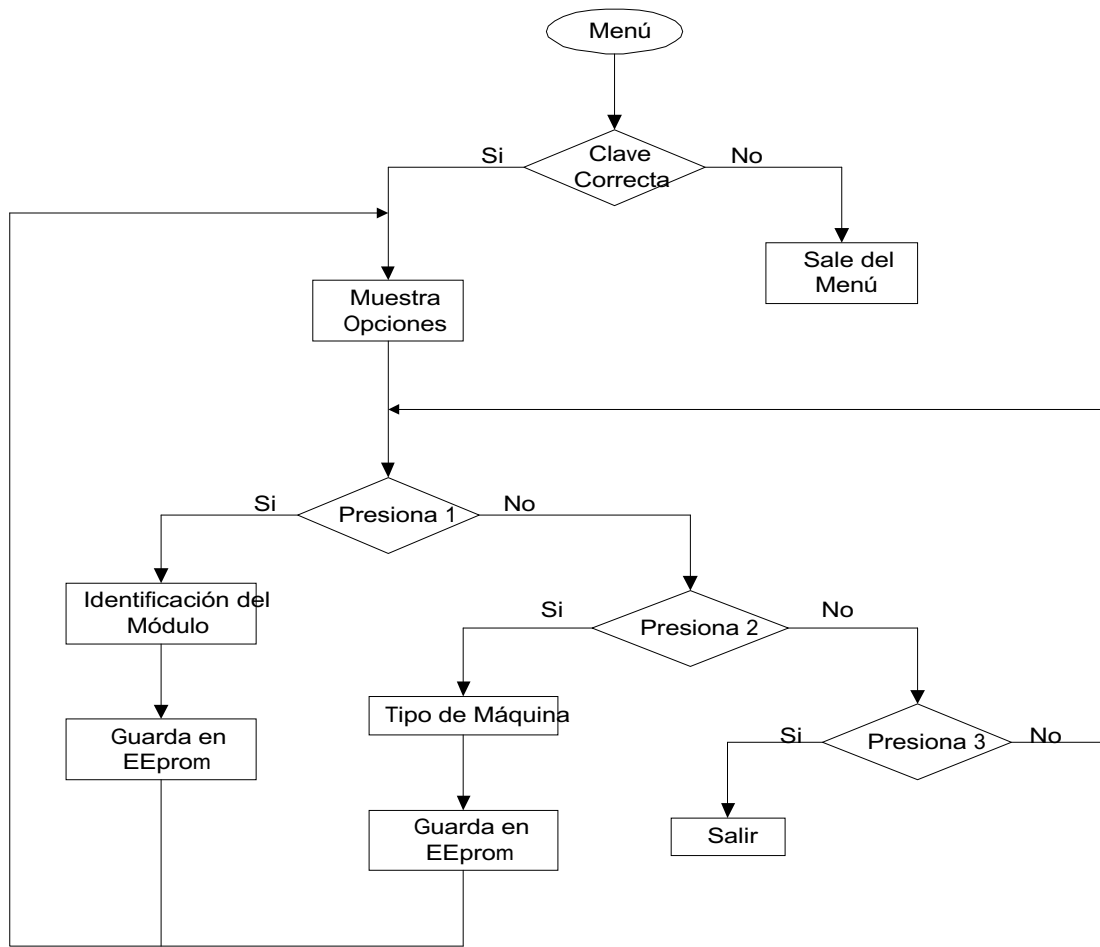
APÉNDICES Y ANEXOS

Apéndice 1: Diagramas de flujo del software del microcontrolador



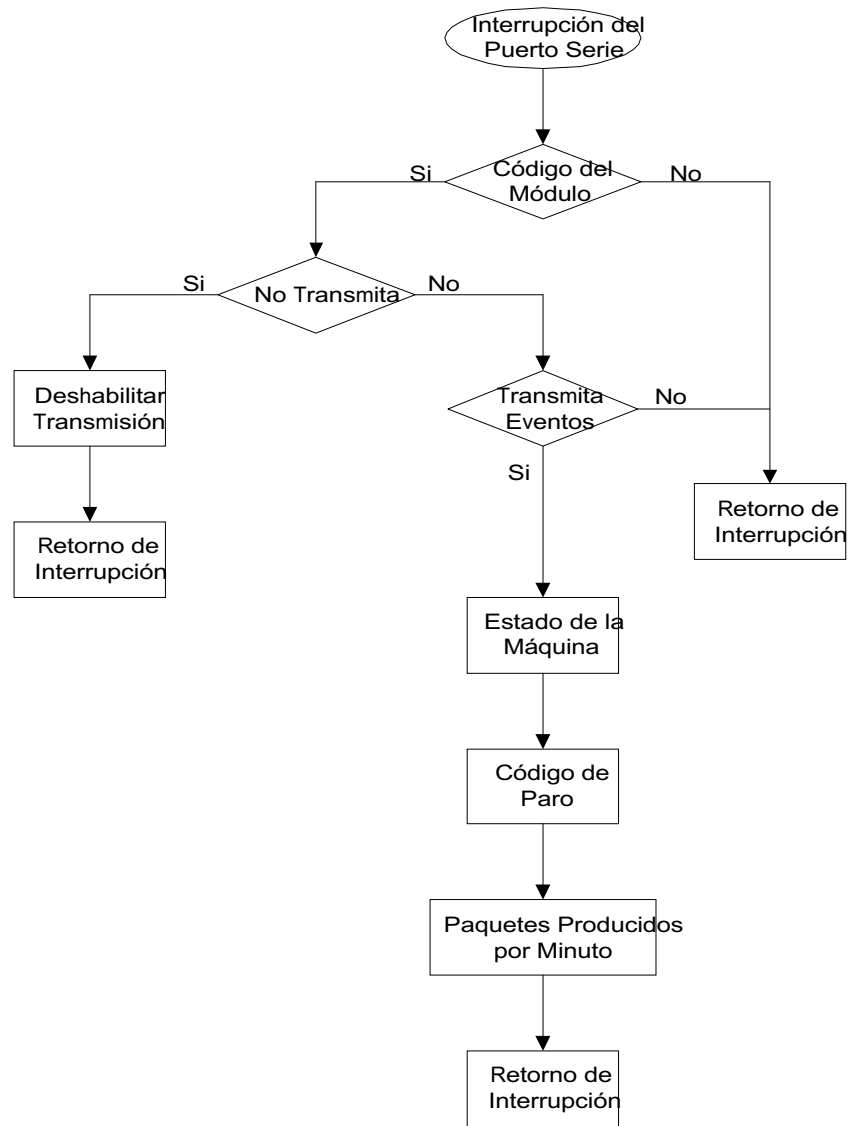
VISIO

Figura A1.1 Diagrama general del microcontrolador.



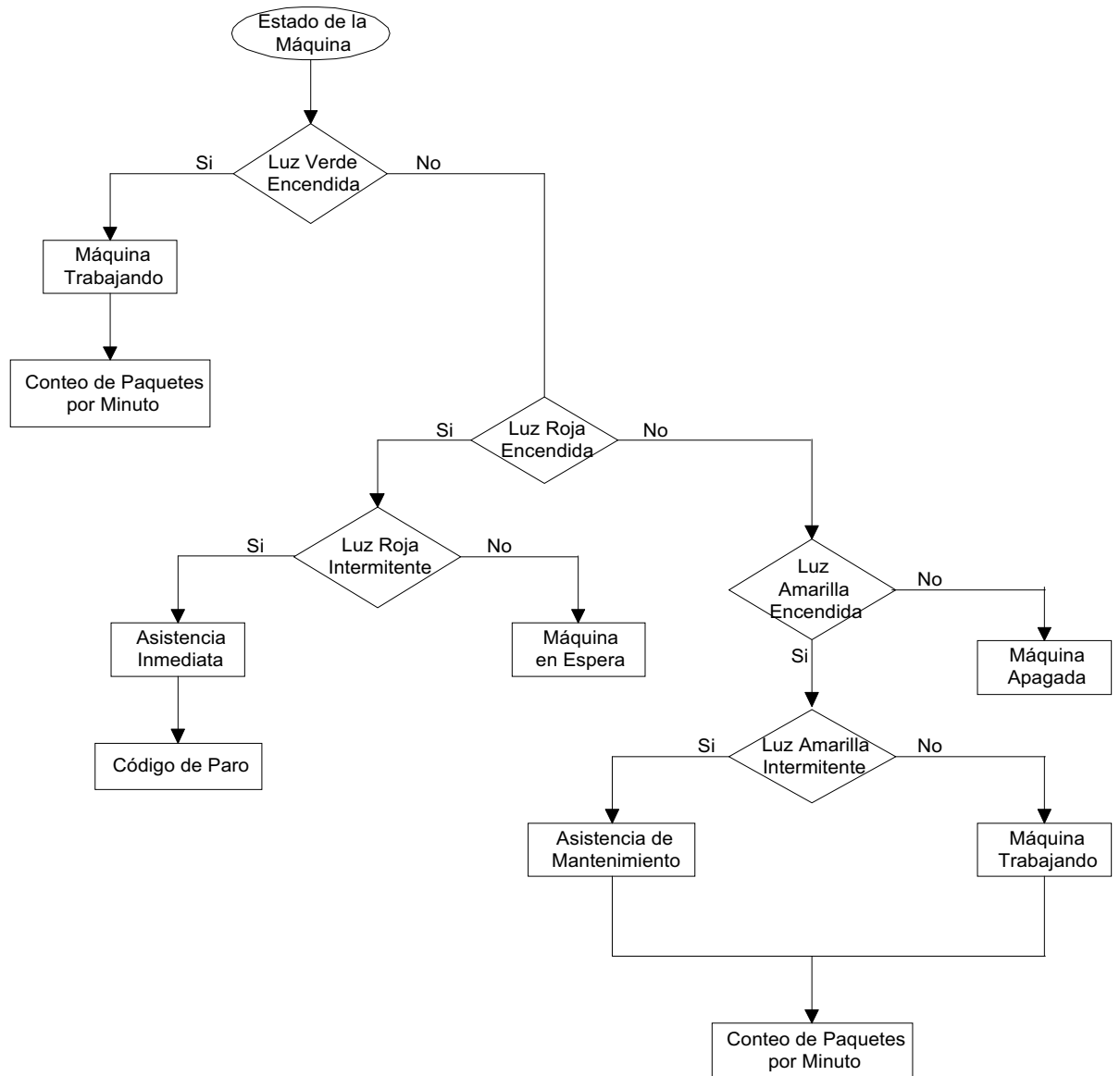
VISIO

Figura A1.2 Diagrama de flujo de la rutina para ingresar al menú.



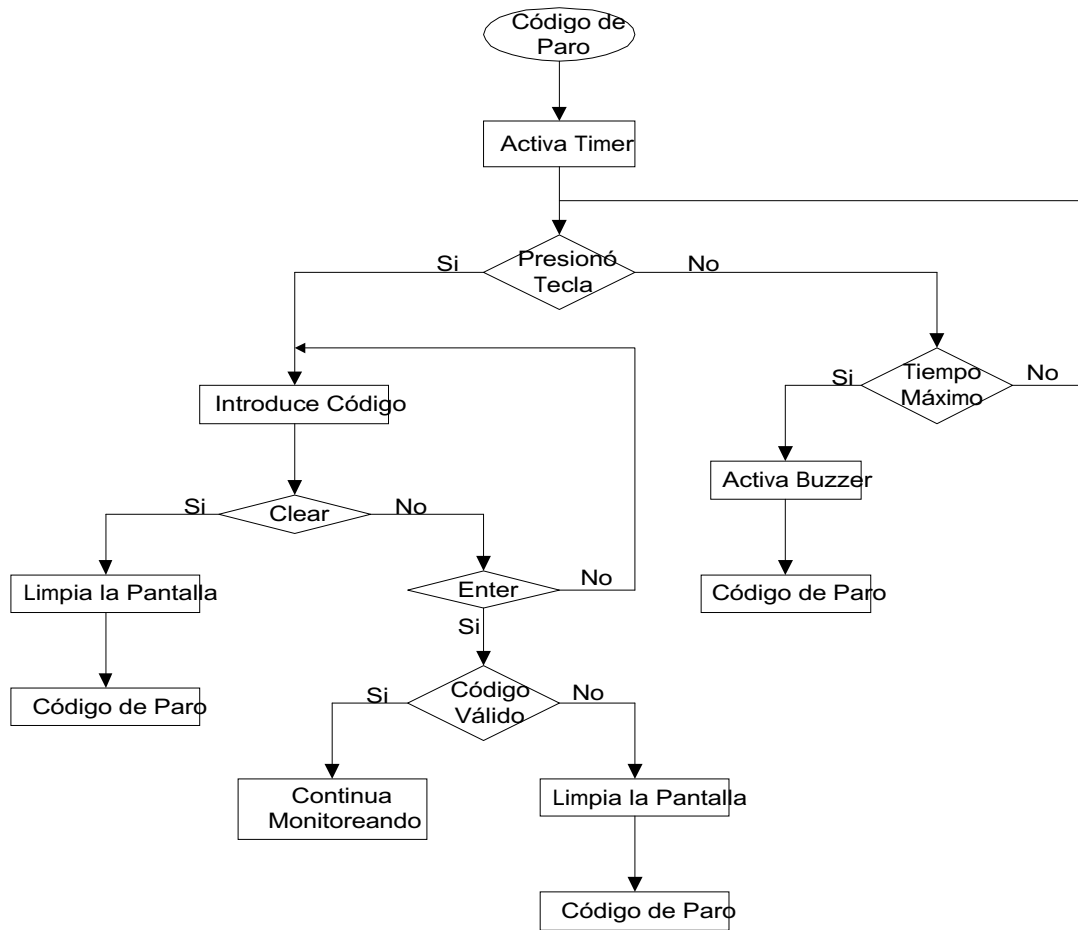
VISIO

Figura A1.3 Diagrama de atención a la interrupción del puerto serie.



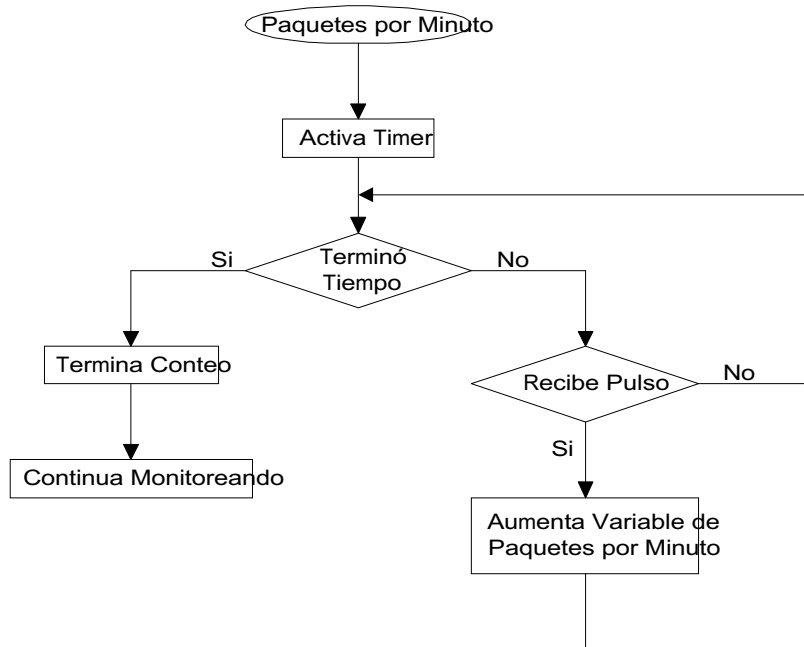
VISIO

Figura A1.4 Diagrama de la rutina de monitoreo del estado de la máquina.



VISIO

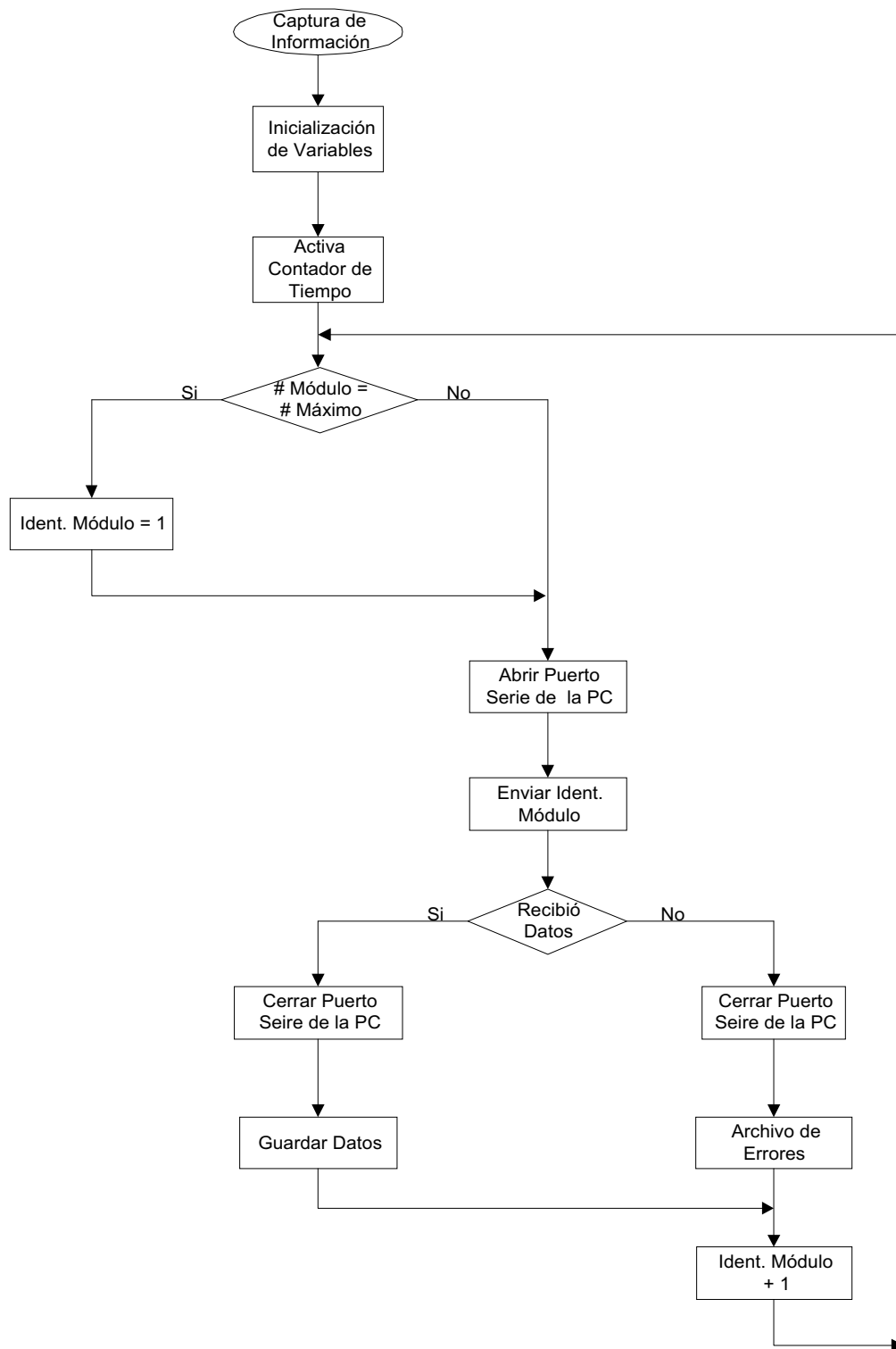
Figura A1.5 Diagrama para ingresar el código de paro de la máquina.



VISIO

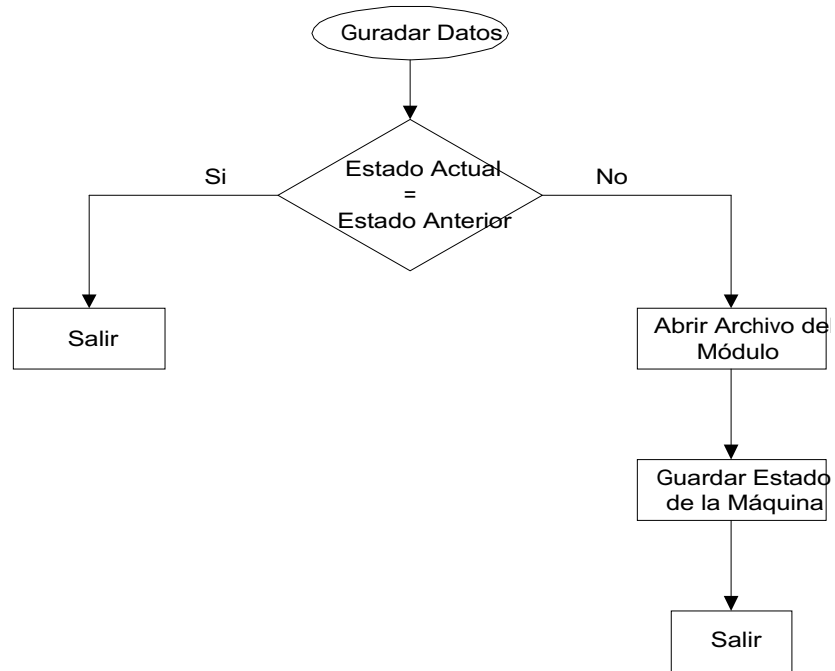
Figura A1.6 Diagrama del conteo de paquetes producidos por minuto.

Apéndice 2: Diagramas de flujo del software para el registro de la información



VISIO

Figura A2.1 Diagrama para solicitar la información de cada máquina.



VISIO

Figura A2.2 Diagrama para guardar los datos de cada máquina.

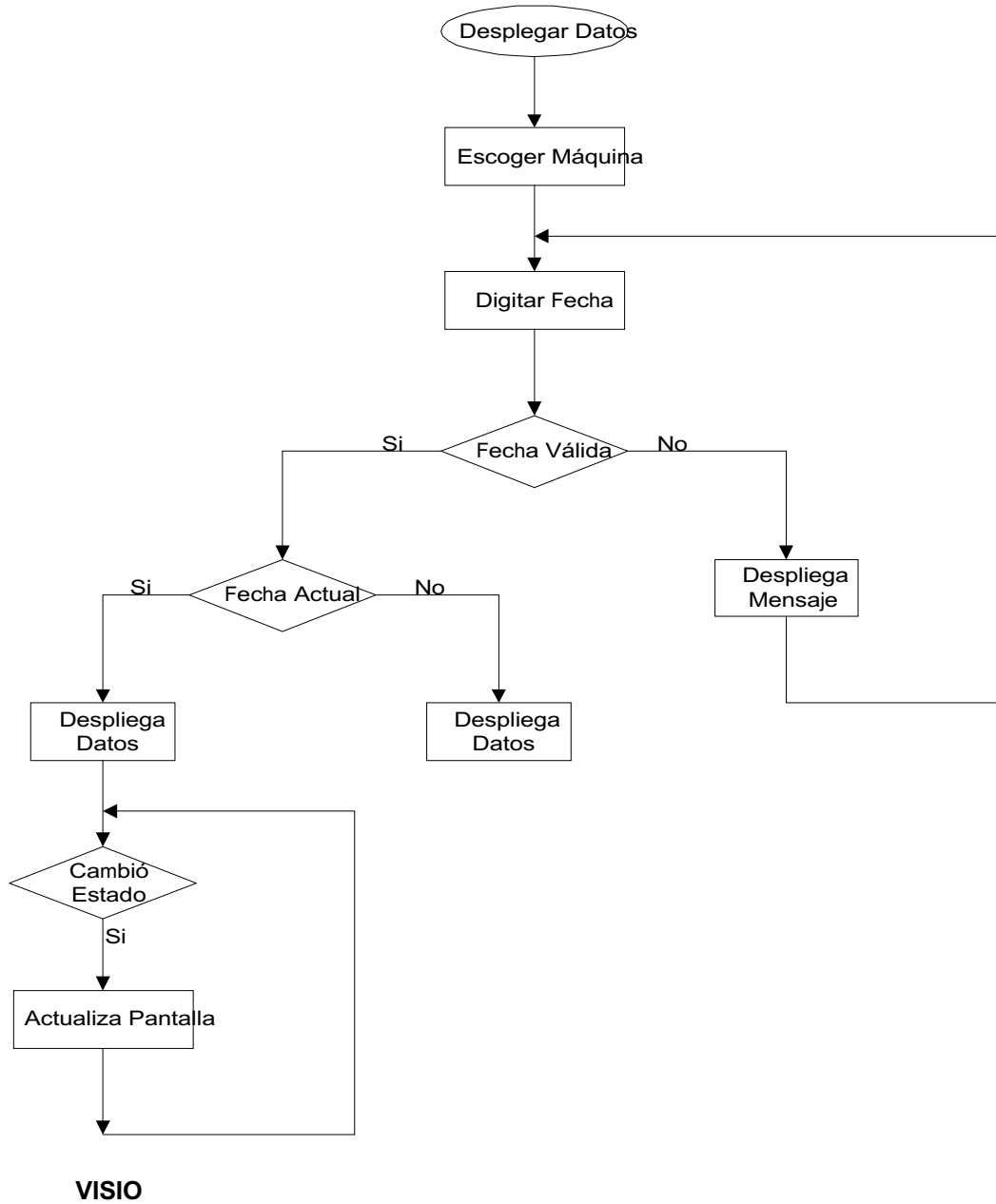


Figura A2.3 Diagrama para desplegar los datos de una máquina.