

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORÓMETRO Y TRES
TOTALIZADORES DE CICLOS PARA EL TREN DE LAMINACIÓN
AUTOMÁTICO DE NOVACERO S.A. PLANTA LASSO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

DIANA ELIZABETH QUIMBITA RIVERA

dianaeqrs@yahoo.es

DIRECTORA: ING. ANA VERÓNICA RODAS BENALCAZAR

arodas@epn.edu.ec

Quito, octubre 2009

DECLARACIÓN

Yo, Diana Elizabeth Quimbita Rivera, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Diana Elizabeth Quimbita Rivera

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diana Elizabeth Quimbita Rivera, bajo mi supervisión.

Ing. Ana Rodas

DIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su inmensa bondad y sabiduría, por la forma en que ha guiado mi camino y las bondades que me ha brindado.

A mi Esposo Saúl, por el apoyo incondicional, por su ternura y lucha constante.

A mis hijos, Camilito, porque a pesar de que su paso por este mundo fue tan rápido hizo grandes cambios en nuestras vidas. Florecita, que es mi inspiración, porque con su inocencia me da grandes lecciones de vida.

A mis padres, Aníbal y María, por su amor, ayuda y ejemplo, en todos los momentos de mi vida.

A mis hermanos, Holguer y Lonera, por ser mis amigos incondicionales en quienes puedo apoyarme y confiar siempre.

A mis abuelitos, Alfonso y Celinda, por su compañía y cariño durante mis estudios.

A mi tía Gladys, por estar siempre presta a ayudarme y por ser mi confidente.

A mis amigos, Natita, Cristina, Oscar, Omar, Carlitos, Jairo, Martín, Diego, Miguel y David por ser las personas con quienes he compartido gratos y buenos momentos.

DEDICATORIA

A mi esposo, Saúl Velasco, quien es el pilar fundamental de vida. Por demostrarme día a día el verdadero significado del amor.

CONTENIDO

RESUMEN	VIII
PRESENTACIÓN	IX
1. ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES DEL HORÓMETRO Y EL TOTALIZADOR DE CICLOS	1
1.1 EL TIEMPO	1
1.2 EL HORÓMETRO	1
1.2.1 Definición	1
1.2.2 Funcionamiento De Un Horómetro.....	2
1.2.3 Tipos De Horómetros	2
1.3 EL TOTALIZADOR DE CICLOS	13
1.3.1 Definición	13
1.3.2 Funcionamiento De Un Totalizador De Ciclos.....	13
1.3.3 Tipos De Totalizadores De Ciclos	13
1.4 PARTES CONSTITUTIVAS DE UN HORÓMETRO Y TOTALIZADOR DE CICLOS ELECTRÓNICOS	20
1.5 APLICACIONES DEL HORÓMETRO Y TOTALIZADOR DE CICLOS	21
1.6 BENEFICIOS DE HORÓMETRO Y TOTALIZADOR DE CICLOS	22
1.7 EQUIPO PROPUESTO	23
2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE	31
2.1 ENTRADAS FÍSICAS	36
2.1.1 CIRCUITO DE AISLAMIENTO ENTRE LA SEÑAL DE ENTRADA Y EL MICROCONTROLADOR	39
2.2 MICROCONTROLADOR PIC18F2525	41

2.2.1 CIRCUITO DE RESET EXTERNO Y OSCILADOR DE 4MHZ PARA EL PIC18F2525	44
2.3 RELOJ EN TIEMPO REAL _____	45
2.4 MÓDULO I2C BV4218 _____	49
2.5 VISUALIZADOR DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD) _____	52
2.6 TECLADO MATRICIAL 4 X 3 _____	54
2.7 MEMORIAL SERIAL _____	56
2.8 COMUNICACIÓN _____	59
2.8.1 COMUNICACIÓN SERIAL RS-232	59
2.8.2 INTERFAZ TTL A RS-232	63
2.8.3 COMUNICACIÓN SERIAL RS-485	64
2.8.4 INTERFAZ TTL A RS-485	66
2.8.5 INTERFAZ RS-485 A RS-232	67
2.9 SALIDAS FÍSICAS _____	68
2.10 FUENTE DE ALIMENTACIÓN _____	70
2.10.1 CARGADOR DE BATERÍA	72
2.11 CIRCUITO COMPLETO _____	74
3 DESARROLLO DEL SOFTWARE _____	77
3.1 PROGRAMA PARA EL MICROCONTROLADOR _____	77
3.1.1 CONFIGURACIÓN DEL MICROCONTROLADOR	82
3.1.2 CONFIGURACIÓN MÓDULO BV4218	86
3.1.3 SUBROUTINA PARA GRABAR EL RTC	92
3.1.3 SUBROUTINA PARA LEER COMANDO	94

3.1.4 SUBROUTINA MENÚ	95
3.1.5 SUBROUTINA PARA GUARDAR EN LA MEMORIA SERIAL.....	102
3.1.6 SUBROUTINA PARA INTERRUPCIÓN.....	104
3.2 INTERFAZ GRÁFICA EN EL COMPUTADOR _____	107
3.2.1 FORMULARIO DE PRESENTACIÓN	108
3.2.2 FORMULARIO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	110
3.2.3 FORMULARIO DE BÚSQUEDA	113
3.2.4 FORMULARIO DE GRÁFICAS	117
4. PRUEBAS Y RESULTADOS _____	121
4.1 PRUEBA DEL RELOJ EN TIEMPO REAL _____	121
4.2 PRUEBA DE LA MEMORIA SERIAL _____	124
4.3 PRUEBA DEL MÓDULO BV4218 _____	125
4.4 PRUEBA DE LA COMUNICACIÓN SERIAL _____	126
4.5 PRUEBA DE BATERÍA _____	135
4.6 ANÁLISIS COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS Y COSTOS _____	136
4.6.1 ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN	136
4.6.2 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS.....	139
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	141
5.1 CONCLUSIONES _____	141
5.2 RECOMENDACIONES _____	143
6 BIBLIOGRAFÍA _____	145

RESUMEN

Este proyecto trata sobre el diseño e implementación de un horómetro y tres totalizadores de ciclos, en base a un microcontrolador PIC, dedicados a acumular horas y ciclos de trabajo, respectivamente, de determinadas máquinas dentro del tren automático de laminación de NOVACERO S.A. Cuenta con funciones para mostrar valores de ciclos y horas, en forma total, mensual o diaria. Tiene comunicación serial RS-232 con la computadora para permitir descargar la información almacenada en una memoria EEPROM, a una base de datos de Access, visualizar los datos y realizar búsquedas por ID de los dispositivos, rango de horas o ciclos, entre otros.

En el Capítulo 1 de este documento se presenta algunas nociones básicas sobre los horómetros y totalizadores de ciclos, así como ejemplos comerciales de los mismos.

En el Capítulo 2 se describe el diseño del hardware, el circuito del microcontrolador y los periféricos de entrada y salida que maneja.

El diseño del software se detalla en el Capítulo 3. Para el desarrollo de los programas se utilizó lenguaje Basic, tanto para el microcontrolador como para la interfaz visual del computador, estos son el MicroCode Studio y Visual Basic 2005, respectivamente.

Dentro de Capítulo 4 se detallan las pruebas realizadas en el horómetro, el totalizador de ciclos y en sus componentes, así como también los resultados que comprueban su correcto funcionamiento.

En el Capítulo 5 se encuentran las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó después del desarrollo del presente proyecto.

Finalmente se incluye las referencias bibliográficas utilizadas y en los anexos, las hojas de datos de los componentes de hardware.

PRESENTACIÓN

La noción de número y contar ha acompañado a la humanidad desde la prehistoria. Como todo conocimiento desarrollado por el hombre primitivo, la causa para que el ser humano emprendiera sus pasos en el contar y plasmar cantidades surgió fundamentalmente de la necesidad de adaptarse al medio ambiente, proteger sus bienes y distinguir los ciclos de la naturaleza pues ya percibían y observaban con cuidado los ritmos que ésta posee y su fina relación con las oportunidades de alimentación y, en general, con la conservación de la vida, entre otros.

En la actualidad, la tecnología utilizada en la producción se ha convertido en un factor de alto nivel y confiabilidad. Toda empresa que desee mantenerse competitiva tiene, indispensablemente, que dirigir y prestarle una especial atención al mantenimiento de su equipamiento. El mantenimiento es una disciplina integradora que ha tenido un desarrollo vertiginoso en la industria y es la encargada de garantizar la disponibilidad del equipamiento de la empresa a un bajo costo. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones.

Es por ello que el mantenimiento desarrolla técnicas y métodos para la detección, control y ejecución de actividades que garanticen el buen desempeño de la maquinaria. Con estos fines existen, se mejoran y se crean, nuevos productos electrónicos e informáticos, como totalizadores, horómetros, etc., que garantizan de forma automatizada el procesamiento de toda la información relacionada con la gestión de mantenimiento y su evaluación.

A pesar de su demanda en el mercado nacional, este tipo de horómetros y totalizadores de ciclos, no se producen ni se ensambla, agregando a su costo el de la importación. Por esta razón, en el presente proyecto, se pretende demostrar que con tecnología conocida y elementos que se pueden adquirir fácilmente, es posible implementar dichos dispositivos con funciones que se ajustan a las necesidades de la empresa NOVACERO S.A. y a un menor valor que las importadas.

1. ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES DEL HORÓMETRO Y EL TOTALIZADOR DE CICLOS

1.1 EL TIEMPO

El tiempo es la magnitud física que mide la duración o separación de acontecimientos sujetos a cambio, de los sistemas sujetos a observación; esto es, el período que transcurre entre el estado del sistema cuando éste aparentaba un estado X y el instante en el que X registra una variación perceptible para un observador (o aparato de medida). Es la magnitud que permite ordenar los sucesos en secuencias, estableciendo un pasado, un presente y un futuro.

Su unidad básica en el Sistema Internacional es el segundo, cuyo símbolo es s. Para duraciones más largas una unidad bastante común es la hora.

1.2 EL HORÓMETRO

1.2.1 Definición

Un Horómetro es un dispositivo cuya función principal es medir un tiempo transcurrido, expresado en horas, minutos o segundos, que un motor o un equipo, generalmente eléctrico o mecánico ha funcionado desde la última vez que se ha inicializado el dispositivo. Estos dispositivos son utilizados para controlar las intervenciones de mantenimiento preventivo de los equipos.



Figura 1.1 Horómetro Comercial

Para las operaciones de empresas y variadas situaciones de la vida laboral, el manejo del tiempo es un factor de constante control en diversas situaciones de mantenimiento, prevención y precisión de actividades relacionadas con recursos como son maquinaria, equipos, materiales y seres vivos.

Estos dispositivos se aplican cuando se necesita realizar el conteo de horas, minutos y segundos de funcionamiento continuo de equipos y sistemas, conteo y alarma de tiempo para labores de reposición y mantenimiento de maquinaria, entre otros.

1.2.2 Funcionamiento De Un Horómetro

El horómetro es un dispositivo, con o sin programación, que cuenta con un contador interno de tiempo, el mismo que se va incrementando de acuerdo a la señal de entrada, la cual indica si el equipo se encuentra en funcionamiento o no. Esta información es desplegada a través de un visualizador.

Dependiendo del tipo de horómetro y sus funcionalidades puede tener una o varias salidas tipo relé que se activan una vez que se cumpla el conteo de tiempo configurado. Estos contactos se utilizan para activar una alarma, visual o auditiva, que avise al usuario que ha sucedido el tiempo límite para la labor que es necesaria realizar. El tiempo puede estar expresado en horas, minutos, segundos, dependiendo de la dinámica del sistema y de la necesidad del operario.

1.2.3 Tipos De Horómetros

En los últimos años la necesidad de realizar mantenimiento preventivo, factor muy importante en la reducción de costo, ha llevado a cabo el desarrollo de una infinidad de dispositivos capaces de registrar el tiempo de uso de maquinaria, automóviles, equipos médicos, entre otros.

En el mercado se pueden encontrar diferentes tipos de horómetros como: electromecánico, electrónico, para montaje en placa, utilizadas en las mismas aplicaciones, el hecho de que se opte por una alternativa depende de varios factores

como: costo, rango, número de entradas y salidas, visualizador y las diferentes funciones que brinden.

1.2.3.1 Horómetro Electro-Mecánico

Este tipo de horómetros son conectados directamente al equipo que se monitorea. Presenta el tiempo contado en formato de horas y pueden o no tener un pulsador para encerrar la cuenta. Se pueden encontrar para una alimentación continua o alterna. A continuación se describen algunos ejemplos de horómetro comerciales:

* **HOURS COUNTER - BW40.18 110VAC**

Fabricante: MULLER

Precio: 23,48 €



Figura 1.2 Horómetro Electromecánico Muller

Este es un contador de horas, con un rango de 0 a 99999,99 horas con un tamaño de carácter de 4.4mm. Se alimenta con una tensión de 110 VAC a 50Hz. Consume 1,5W y opera a una temperatura máxima de 50° C. No se puede encerrar manualmente.

* **T34 RESETTABLE AC/DC HOUR METER I**

Fabricante: ENM COUNTING INSTRUMENTS

Precio: 192 USD



Figura 1.3 Horómetro Electromecánico ENM

Son horómetros electromecánicos reseteables de 6 dígitos, para registrar el tiempo de uso en aplicaciones en donde las horas acumuladas no sean necesarias. Tiene un rango de horas de 0 a 9999,99. Este horómetro es manejado por un motor síncrono con la misma exactitud de los modelos no reseteables.

* **T55 Series Electro-Mechanical Hour Meter**

Fabricante: ENM COUNTING INSTRUMENTS

Precio: 75 USD



Figura 1.4 Horómetro Electromecánico ENM

Esta serie de horómetros electromecánicos cuenta con versiones con o sin reseteo. El visualizador puede ser utilizado para indicar si la máquina se encuentra en marcha o el tiempo de servicio para propósitos de mantenimiento.

Puede operar entre de un amplio rango de temperatura y además quedarán almacenados los datos si se pierde la energía eléctrica. Cuenta adicionalmente con certificado ISO 9001.

* **MODEL 77 ELECTROMECHANICAL HOUR METER**

Fabricante: Redington

Precio: 70 USD



Figura 1.5 Horómetro Electromecánico REDINGTONG

El modelo 77 es un horómetro electromecánico compacto, no reseteable, con un visualizador de 6 dígitos. Dispone de varios estilos de formas para montaje sobre paneles. Este producto es reconocido por la UL.

Puede visualizar 99,999.9 horas. Con un voltaje de alimentación de 155VAC \pm 10% a 60 Hz y disipa una potencia de 3W. El rango de temperatura de operación está entre los 51° C a 68° C.

* **MODEL 711/731 ELECTROMECHANICAL HOUR METER**

Fabricante: Redington

Precio: 54.85 USD



Figura 1.6 Horómetro Electromecánico REDINGTONG

El modelo 711/731 del Redington provee una familia de horómetros de AC o DC con 7 dígitos. Estos modelos están disponibles en formas rectangulares y redondas. Para los modelos DC son controlados por cuarzo que da mayor exactitud y confiabilidad. No pueden ser reseteados. Puede registrar hasta 99999.99 horas. Se alimenta con una tensión igual a 115VAC a 50 o 60 Hz \pm 10%. Disipa una potencia de 2 vatios. Trabaja a una temperatura de operación de -40 a 82° C.

* **HOUR COUNTER, 230VAC - 0.891.606**

Fabricante: HENGSTLER

Precio: 29,86 €



Figura 1.7 Horómetro Electromecánico HENGSTLER

Entre las características principales de éste horómetro se encuentran la visualización con 7 dígitos con un rango de 0 a 99999,99 horas. Es alimentado por una fuente de continua y disipa una potencia de 750mW. Opera a un temperatura de -10 a 50° C. Tiene estabilidad contra vibraciones de 30m/s².

1.2.3.3 Horómetro Electrónico

Este tipo de horómetros a diferencia de los electromecánicos, tienen un sistema microprocesado que permite incrementar sus funciones como almacenamiento de datos, reseteo, seteo de alarmas, configuración de visualización, entre otros.

En la actualidad se encuentra en el mercado una infinidad de modelos de Horómetros que varían en forma, tamaño, características. De ahí la importancia de conocer los requerimientos que se desea satisfacer, tales como: número de entradas, resolución de visualización, reset, etc., para poder escoger este dispositivo correctamente. A continuación se detallan las principales características de algunos horómetros electrónicos comerciales:

* **H5SWFB2 - Digital Hour Meter**

Fabricante: OMRON

Precio: 247.43 USD



Figura 1.8 Horómetro Electrónico OMRON

Este es un horómetro digital, con un amplio rango de alimentación que va desde 100 V_{AC} hasta 240 V_{AC}, su visualizador tiene tecnología LCD, visualizador de cristal líquido, por sus siglas en inglés. Realiza un ciclo de control en forma semanal. Está diseñado para poder un montaje en paneles y tiene dos salidas para contactores.

Consume una potencia aproximada de 2.9 VA a 264 en alimentación alterna a 60 Hz y 0.8 W a 28.8 en continua. Permite encerrar el contador al aplicarse una nueva entrada.

* **700-HX Series C Digital Timer**

Fabricante: Allen Bradley

Precio: 380 USD



Figura 1.9 Horómetro Electrónico ALLEN BRADLEY

Tiene un LCD altamente visible, especialmente para ambientes oscuros. Tiene una programación amigable con una memoria FLASH, no tiene batería. Su rango de voltaje es de 100 a 240V_{AC} y consume 4.5VA, de 24V_{AC}/12 a 24V_{DC} consumiendo 3,4VA/1,7W (50/60Hz). El rango de horas es de 0 – 9999h.

Cuenta con dos entradas con la opción de poder habilitarlas o deshabilitarlas. Cuenta con un pulsador que deshabilita el incremento del contador interno y una salida con

cuatro modos de salida y un respaldo de memoria que puede ser almacenado por 20 años como mínimo y puede ser escrito 200.000 veces.

* **HOUR COUNTER, 80-230VAC - 231-5E150-000A**

Fabricante: CURTIS

Precio: 54,70 €



Figura 1.10 Horómetro Electrónico CURTIS

Un contador de horas que puede alimentar en un rango de 80 a 230 V_{AC}, su temperatura de operación está entre -30 y 65° C. Su visualizador cuenta con 6 dígitos que permite tener un rango de 0 a 999999 horas.

* **KRB 203**

Fabricante: RB ELECTRONIC

Precio: 650 USD



Figura 1.11 Horómetro Electrónico RB ELECTRONICS

Su visualización indica horas y minutos, tiene alarma para indicar una conexión reversa de la batería y led indicador para falta de fusible. Las salidas son tipo relé para una condición de inicio y parada. Posee cuatro entradas y salida para comunicación RS485.

* **DIGITAL HOUR METER 1050**

Fabricante: COUNTRON

Precio: 220 USD



Figura 1.12 Horómetro Electrónico COUNTRON

Este horómetro cuenta con las siguientes características: cuatro rangos diferentes para la visualización 99,99 segundos, 999,9 segundos, 99 minutos y 59 segundos, 99 horas y 59 minutos. Modos configurables al energizar o empezar el ciclo. Retardo programable en el encendido o en el apagado.

Se puede configurar una cuenta ascendente o descendente, el número de horas que debe contar. La configuración se puede bloquear a través de un jumper. Opcionalmente se dispone de una salida para comunicación RS485.

* **OMRON H7ET-NV-B ELECTRONIC HOUR METER**

Fabricante: OMRON

Precio: 93.56 USD



Figura 1.13 Horómetro Electrónico OMRON

Este Horómetro electrónico se aplica para instalaciones de montaje en panel. Visualiza las horas a través de una pantalla LCD (8.6mm).

Funciona a una temperatura de funcionamiento: 14 a 131°C. Tiene carcasa de plástico moldeado y tornillos de sujeción y sistema de montaje. Su rango de tiempo (horas): 0,0 a 999999,9.

* **7511 TOTALISING TIMER.**

Fabricante: TRUMER

Precio: 57 USD



Figura 1.14 Horómetro Electrónico TRUMER

Cuenta con una batería de litio que dura aproximadamente de 10 años. Se puede programa el modo para medir el tiempo, estos son: segundos, minutos y segundos, solo horas y horas con minutos en la única entrada que posee. El pulsador frontal sirve para deshabilitar la operación de medir el tiempo. Cuenta con luz de fondo alimentada por $5V_{DC}$, la cual ayuda a la visualización en un medio borroso. La entrada de tiempo es en base a un transistor NPN con franco de disparo negativo con un voltaje de 2 hasta $18V_{DC}$.

* **LCD HOURMETER MODEL 55**

Fabricante: REDINGTON

Precio: 60 USD



Figura 1.15 Horómetro Electrónico REDINGTON

Este horómetro LCD ofrece una selección flexible de funciones. Tiene internamente una memoria EEPROM que permite guardar toda la información. No requiere batería externa. Es un producto versátil ya que tiene un amplio rango de voltaje continuo o alterno para más aplicaciones. Su visualizador tiene una resolución de 1/100 o 1/10 de hora.

Este horómetro detecta el cambio de entrada con una frecuencia de 30 Hz o 200 Hz para entradas continuas y 10 Hz para entradas alternas. Este modelo incluye la opción de un reset manual o remoto o a su vez sin reset.

1.3 EL TOTALIZADOR DE CICLOS

1.3.1 Definición

Es un dispositivo electrónico o electromecánico que tiene un contador interno que se incrementa o decrementa en función de los eventos que realice el equipo que se esté monitoreando, a través de las entradas con las que cuenta.

1.3.2 Funcionamiento De Un Totalizador De Ciclos

El totalizador de ciclos cuenta a través de una o varias entradas digitales disponibles los eventos externos que se desean registrar, éstos son acumulados en un contador interno.

Dependiendo de su constitución es dispositivo puede o no tener salidas que indique cuando se ha cumplido el conteo de eventos programado.

1.3.3 Tipos De Totalizadores De Ciclos

Los totalizadores que se pueden encontrar en el mercado son de tipo Electromecánico y Electrónico, aquí se tiene algunos ejemplos:

1.3.3.1 Totalizadores Electro-Mecánico

* **TOTALIZADOR ELECTROMECAÁNICO MODELO 49**

Fabricante: REDINGTONG

Precio: 62,30 USD



Figura 1.16 Totalizador Electro-Mecánico REDINGTONG

Este totalizador electromecánico tiene un pulsador para encerrar la cuenta del contador. Está diseñado para usarse en lugares donde el espacio es limitado y donde la fiabilidad es crítica.

La operación de este dispositivo no requiere de mantenimiento ni lubricación. Tiene un tamaño compacto ideal para ser usado en paneles de control, máquinas de dinero y equipos de prueba. Para la visualización de eventos dispone de 6 dígitos.

* **TOTALIZADOR ELECTROMECAÁNICO MODELO 300**

Fabricante: REDINGTON

Precio: 157,25 USD



Figura 1.17 Totalizador Electro-Mecánico REDINGTON

El totalizador de esta serie tiene una vida extremadamente larga, posee un pulsador para encerrar la cuenta.

Alta velocidad para registrar eventos, esto es 1000 eventos por minuto con un voltaje alterno y 1500 eventos por minuto para voltaje continuo DC. Están alimentados por una fuente de 115V_{AC}, o 24V_{DC} ± 10%.

* **CONTADOR ELECTROMECAÁNICO**

Fabricante: MEHANIZMI

Precio: 25,80



Figura 1.18 Totalizador Electro-Mecánico MEHANIZMI

Este tipo de contadores son exitosamente utilizados en aplicaciones donde se debe mantener grabado los eventos de operaciones repetitivas. Se aplican a eventos de contar en general, industria pesada, copiadoras, etc. Tiene un precio bajo, excelente calidad. Tiene un visualizador de 5 dígitos. Una frecuencia de lectura de eventos entre los 30 a 120 Hz.

* **MODEL E660 ELECTROMECHANICAL TOTALIZER**

Fabricante: KEP

Precio: 12 USD



Figura 1.19 Totalizador Electro-Mecánico KEP

Este totalizador electromecánico es de bajo costo, alta calidad, está diseñado para un amplio rango de voltajes tanto continuo como alterno, tiene un tamaño compacto.

Los contadores de la serie E tiene incorporado la última tecnología junto con el diseño básico para lograr una excelente operación sobre un amplio rango de temperatura y muy baja potencia de disipación.

Estos contadores pueden ser montados en la parte frontal de paneles.

1.3.3.2 Totalizadores Electrónicos

Debido a que son pequeños sistemas microprocesados, estos ofrecen mayores funciones que los totalizadores electromecánicos. Es por ello que su costo también se incrementa. A continuación se presentan algunos ejemplos comerciales de totalizadores electrónicos:

*** PMT 555 PROCESS MONITOR & TOTALIZER FROM ANALOG INPUTS**

Fabricante: KEP

Precio: 270 USD



Figura 1.20 Totalizador Electrónico KEP

Tiene teclas amplias para una fácil operación y programación. Visualiza el valor programado para la entrada o los valores límites. Tiene un pulsador que permite bloquear el registro de información. Posee una función integral para el cálculo de la

suma de los valores con su propia escala y la entrada programable en franco positivo o negativo. Opcionalmente cuenta con salidas para la comunicación RS-232, RS-422 y RS-485. La entrada puede ser por voltaje o por corriente, las unidades de la señal que acepta son de 4 a 20 mA, de 0 a 20 mA, de 0 a 10V, de 2 a 10V o de -10 a +10V. Se puede configurar dos setpoints para cada entrada.

* **LC2H**

Fabricante: PANASONIC

Precio: 44 USD



Figura 1.21 Totalizador Electrónico PANASONIC

El totalizador de ciclos LC2H de Panasonic muestra la información en un display de nueve milímetros de ocho dígitos. La velocidad de conteo se encuentra entre 2KHz y 30Hz. Para reemplazar la batería simplemente se remueve la carcasa. Tiene tres métodos de entrada. El color de la luz posterior se puede alternar con rojo o verde.

* **CODIX 520 CONTADOR DE PULSOS PROGRAMABLE**

Fabricante: Kubler

Precio: 78.65



Figura 1.22 Totalizador Electrónico KUBLER

Este dispositivo permite contar piezas con una frecuencia máxima de 60Hz. Su visualizador está formado de displays de 7 segmentos y tiene una entrada programable para pulsos positivos PNP o negativos NPN. Tiene un pulsador para encerrar la cuenta de forma manual o eléctrica. El menú es de fácil manejo. Se puede configurar el punto decimal.

* **Totalizer Meter MT – 85**

Fabricante: AIGO

Precio: 340.50



Figura 1.23 Totalizador Electrónico AIGO

Tiene un visualizador de ocho dígitos, en donde se puede programar el tiempo en base a segundos, minutos y horas. Dispone de una entrada análoga de 0 a 10 V_{DC} a 4 a 20mA con una precisión de $\pm 0.1\%$.

Interfaz RS-485 es opcional con direcciones del 1 a FF, velocidades de transmisión se puede configurar para valores los valores de 19200, 9600, 4800, 2400 baudios, utilizando un protocolo Modbus modo RTU. Dispone de dos salidas tipo relé

* **Digital Counter Model-2500**

Fabricante: COUNTRON

Precio: 300 USD



Figura 1.24 Totalizador Electrónico CUNTRON

La construcción de este totalizador de ciclos se base en diseños microcontrolados con un teclado amigable para las diferentes operaciones. Su visualizador es de seis dígitos. Se puede programar el límite a contar con una salida dual tipo relé. Se puede configurar el punto decimal en una escala de 0.001 a 999.999. Los eventos registrados se van acumulando.

Se puede seleccionar una cuenta ascendente o descendente. Para encerrar se puede hacer de forma normal u automáticamente con el tiempo programados. Tiene una memoria no volátil para mantener la cuenta y las configuraciones.

* **LCD PANEL MOUNT PRESET COUNTER**

Fabricante: Kubler

Precio: 370 USD



Figura 1.25 Totalizador Electrónico KUBLER

Este contador totalizador tiene incorporada una batería, de esta forma no requiere de alimentación externa. Tiene entradas eléctricas optoacopladas en un rango de 12 a 250 V_{AC/DC}. Fácil programación. Las salidas tienen relé de potencia con contactos programables en normalmente abiertos y normalmente cerrados. Salida para comunicación RS-232, RS-424, RS-485, en forma opcional.

1.4 PARTES CONSTITUTIVAS DE UN HORÓMETRO Y TOTALIZADOR DE CICLOS ELECTRÓNICOS

Sea cual fuere el mecanismo de entrada de un horómetro o un totalizador de ciclos, la característica básica es que almacena información de eventos exteriores para su posterior visualización.

Los elementos de un horómetro o un totalizador de ciclos estarán orientados al ingreso de la señal, almacenamiento, visualización y salidas.

* *Contador Interno.*- Es el que almacena las horas de trabajo, en el caso del horómetro y los ciclos de funcionamiento para el Totalizador. Puede ser programado para que se incremente o decremente, además de configurar una alarma una vez terminada la cuenta o encerrar automáticamente. Es importante tener en cuenta, el rango en que trabaja el contador y que este sea capaz de adaptarse a las necesidades del sistema.

* *Visualizador.*- Permite al operario observar el tiempo o ciclos de funcionamiento del dispositivo, con una variedad en rangos de visualización, programación del punto decimal. Puede o no tener luz posterior.

* *Entradas.*- Existe una amplia gama de entradas como por ejemplo digitales tipo NPN o PNP, análogas, optoacopladas, y son las registran un eventos exterior permitiendo ingresar una señal eléctrica. Éstas entradas pueden ser tomadas desde el campo o cuarto de control, ya que deberán se acondicionadas a las necesidades de cada equipo.

* *Salidas.*- Las salidas pueden ser de tipo relé, contactor y son las que permiten activar alarmas visuales o auditivas, o a su vez dar una señal para empezar un subproceso una vez que se haya concluido las horas o ciclos configurados. Esta parte de los dispositivos pueden o no estar presentes.

En equipos microcontrolados se puede tener salidas para realizar comunicación como por ejemplo interfaz RS-232, RS-424 y RS-485.

* *Teclado.*-Puede estar constituido por una o varias teclas. Éste nos permite ingresar información al equipo tal como: claves, set de horas o ciclos, activación o desactivación de salidas, navegación a través del menú, reset, entre otras.

* *Memoria EEPROM.*- Generalmente se tiene una memoria no volátil externa y con gran capacidad de almacenamiento para guardar la información. Esta memoria tiene como ventaja poder almacenar la información aún si no está alimentada durante 40 años aproximadamente.

1.5 APLICACIONES DEL HORÓMETRO Y TOTALIZADOR DE CICLOS

El Horómetro y el Totalizador de Ciclos son pequeños módulos que día a día van incrementado su número de aplicaciones debido a las grandes ventajas que ofrece el conocimiento de las horas y ciclos de trabajo del equipo a monitorearse.

Dentro de la Industria en donde se usen motores como por ejemplo: metalurgia, petrolera, agroindustria, maderera, etc., el horómetro y el totalizador permiten conocer el tiempo en que un motor estuvo encendido y cuantas veces ha sido encendido, respectivamente. Estos valores son importantes para el cálculo de costos y gastos en que incurren los equipos en aquellas actividades donde el tiempo es un factor de consumo de recursos y tareas de mantenimiento.

En la industria del acero, dentro de la elaboración de varilla son aplicados en el área de corte para acumular el número de cortes realizados por las cizallas y en base a este realizar el cambio de piezas que puedan incidir en paras de producción.

En la línea de maquinaria pesada como montacargas, tractores, etc., el horómetro es utilizado para el alquiler de dichas maquinaria en base al tiempo se han sido utilizadas.

Dentro de los automóviles el horómetro permite hacer un seguimiento de la cantidad de horas que ha funcionado un motor. Y cuando alcanza el intervalo de servicio o mantenimiento da una señal de alerta.

Como se puede ver estos dispositivos tienen una infinidad de aplicaciones, todo depende que uso se dé a la información que ellos almacenan.

1.6 BENEFICIOS DE HORÓMETRO Y TOTALIZADOR DE CICLOS

La lectura de estos dispositivos dentro de la industria, medicina, automóviles resulta ser una acción clave para el monitoreo efectivo del equipo puesto en funcionamiento, ya que registra el número de horas o ciclos que ha trabajado y por ende se puede determinar el desgaste que sufren las piezas o partes que lo conforman. En base a ello, se puede programar períodos de mantenimiento preventivo, lo que ayuda a reducir paras en los procesos de producción, equipos defectuosos o accidentes lo que implica incrementar la productividad de la empresa.

Además, para las operaciones de industrias y variadas situaciones de la vida laboral, el manejo del tiempo es un factor de constante control para la toma de decisiones en cuanto a prevención y precisión de actividades relacionadas con recursos como son maquinaria, equipos, materiales y seres vivos.

Al ser dispositivos microprocesados, se puede tener la posibilidad de realizar comunicación con el propósito de descargar los datos en un computador para ser procesados y esa información utilizarla para tomar decisiones. Evitando así que la adquisición de datos sea una tarea laboriosa como sucede en el registro manual.

Es importante recalcar que tanto el Horómetro como el Totalizador de Ciclos se convierten únicamente en indicadores de la calidad relativa del dispositivo o

maquinaria al que fueron conectados, ya que estos no indican si las condiciones de operación eran las adecuadas, si se aplicaron niveles de voltaje y corriente correctos, entre otros.

1.7 EQUIPO PROPUESTO

La presente investigación tiene como objetivo el diseño e implementación de un horómetro y tres totalizadores de ciclos.

La empresa NOVACERO S.A. realiza el proceso de laminación en caliente, que es un proceso en el que se hace pasar al semiproducto (palanquilla¹) entre dos rodillos o cilindros, que giran a la misma velocidad y en sentidos contrarios, reduciendo su sección transversal gracias a la presión ejercida por éstos. En este proceso se aprovecha la ductilidad del acero; es decir, su capacidad de deformarse en cuanto mayor sea su temperatura. De ahí que la laminación en caliente se realice a temperaturas comprendidas entre 1.250 °C, al inicio del proceso, y 800 °C al final del mismo.

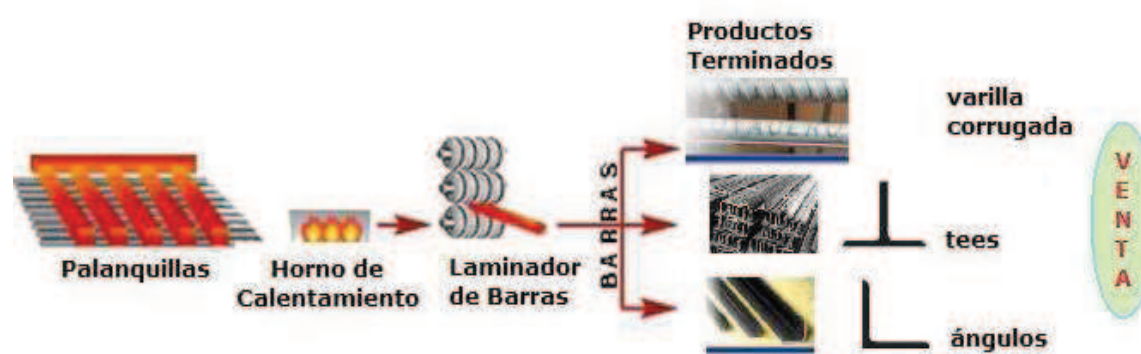


Figura 1.26 Proceso de Laminación en Caliente

¹ Palanquilla.- Pequeña pieza de acero semiacabada y de forma rectangular, circular o cuadrada.

La laminación sólo permite obtener productos de sección constante, como es el caso de las barras corrugadas (varillas).

El tren automático de laminación de la empresa NOVACERO S.A. se encuentra formado por la etapa de calentamiento donde se encuentra el horno, y la etapa de laminación en donde se tiene el tren de desbaste, tren intermedio, tren acabador, cizalla volante, mesa de enfriamiento y mesa de empaque.

A continuación se describen los lugares en donde se implementarán los dispositivos.

En el tren intermedio se tiene distintas casetas o stands o cajas de laminación en los que se va conformando, por medio de sucesivas pasadas, la sección del producto. Esto se logra con la utilización de motores de DC, cuya potencia varía de 400 a 800 HP de acuerdo al stand en el que se encuentre, el mismo que se conecta a un reductor que mueve las alargaderas que mueven a los cilindros de la caja de laminación. El Horómetro monitoreará el motor DC.



Figura 1.28 Stand No 9 del Tren de Laminación

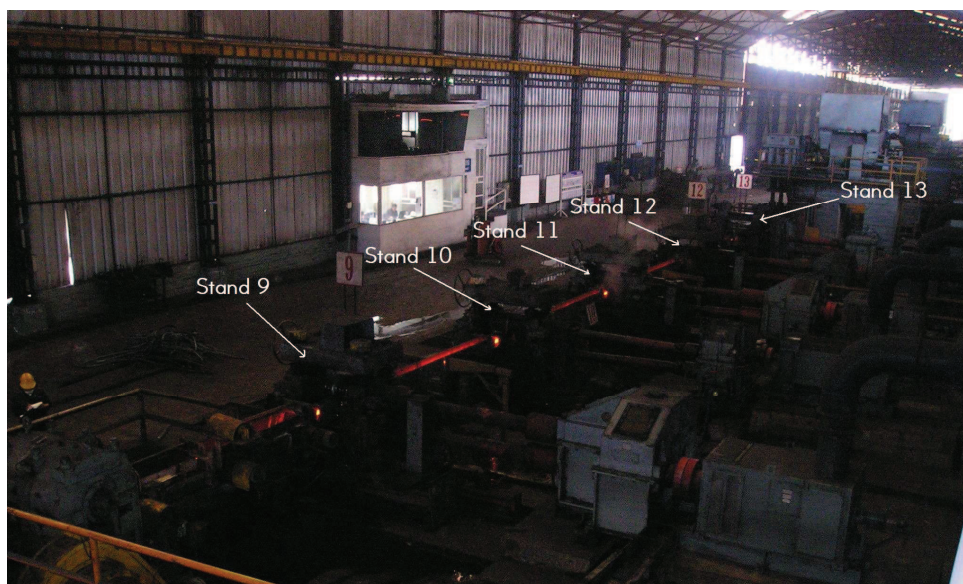


Figura 1.29 Stands 9, 10, 11, 12 y 13 del Tren de Laminación

Una vez que la varilla ya tiene la sección deseada con su geometría de corrugado, pasa por la cizalla volante (CV20), la que se encarga de realizar el corte a la medida. Para la cizalla se implementará un totalizador de ciclos en su caja de control.



Figura 1.30 Cizalla CV20 del Tren de Laminación



Figura 1.31 Caja de Control de la Cizalla CV20 del Tren de Laminación

Una vez cortada la varilla pasa a una placa o lecho de enfriamiento, conocida como mesa de enfriamiento, la misma que se mueve de acuerdo a la llegada de cada varilla u otro producto. Debido a que los contrapesos que manejan la mesa de enfriamiento sufren de un rápido deterioro, se colocará un totalizador de ciclos en su caja de control para que sean monitorearlos. Los contrapesos se encuentran debajo de la mesa de enfriamiento.

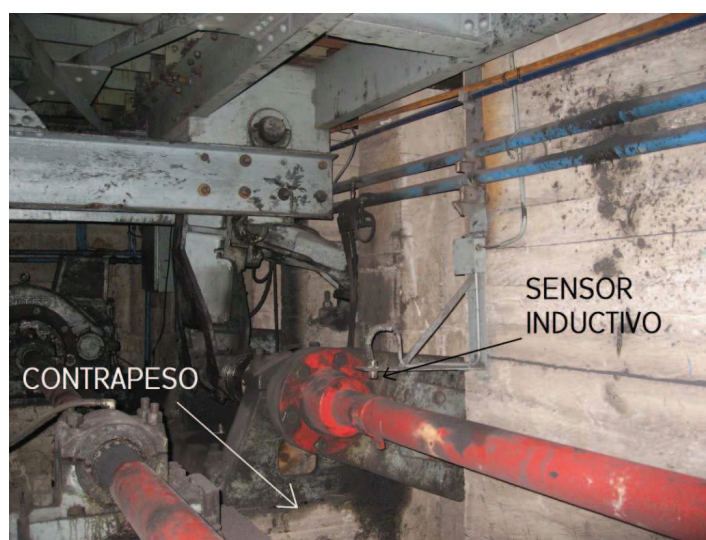


Figura 1.32 Contrapeso de la mesa de enfriamiento y el sensor inductivo



Figura 1.33 Mesa de enfriamiento



Figura 1.34 Caja de Control de la Mesa de Enfriamiento

Finalmente, el tercer totalizador de ciclos será implementado en el puente grúa de 15 toneladas, utilizado para el transporte de cilindros, maquinaria y caja de laminación.



Figura 1.35 Puente Grúa de 15 Toneladas

Todos los elementos que accionan al puente grúa se encuentran montados en su parte superior, por lo tanto el Totalizador de Ciclos se colocará en dicho lugar,

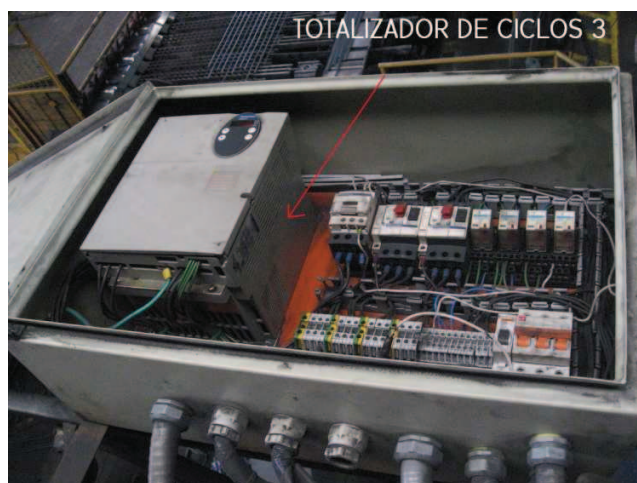


Figura 1.36 Caja de Control del Puente Grúa de 15 Toneladas

En el diseño de estos equipos se ha incluido las características que satisfagan las necesidades de la empresa, el equipo propuesto tiene tres entradas para 24V_{DC}, esta señal proviene de sensores magnéticos de la cizalla, de los motores de los stands, del puente grúa y de los contrapesos. Se puede configurar el número de entradas con las que se desea trabajar, por ejemplo si se escoge dentro de la programación trabajar con dos entradas, la entrada uno y dos estarán habilitadas mientras que la entrada tres se deshabilitará.

Se puede configurar el número de horas o ciclos que deberá contar cada entrada, antes de que se active su respectiva salida tipo relé y un led indicador. Estos datos serán visualizados en un LCD, visualizador de cristal líquido, de manera que se observen las horas o ciclos totales, y horas o ciclos parciales o diarios de la entrada seleccionada. Además de visualizar los parámetros configurados.

La configuración se la realiza a través de un teclado 4 x 3, a través de este se podrá visualizar en el LCD un menú para Usuario el cual puede acceder a: las horas o ciclos totales, horas o ciclos mensuales, el estado lógico de la entrada de

alimentación externa, el estado de las entradas, la configuración de para la comunicación, la fecha y hora de RTC (reloj en tiempo real). Y un menú tipo Administrador, que requerirá el ingreso de una clave, la misma que puede ser cambiada y que se almacenará en la memoria EEPROM del microcontrolador, se podrá realizar configuraciones de número de entradas, set de alarmas, cambiar fecha y hora, parámetros de comunicación como el ID, velocidad, reset de contador total o parcial de las horas o ciclos. También dispondrá de una fuente de energía de respaldo, la misma que permitirá guardar la información ante alguna falla en el suministro eléctrico. Esta fuente tendrá un cargador incluido.

El sistema también tendrá un programa en Visual Basic Net 2005 que permitirá descargar los datos almacenados en la memoria serial EEPROM, a través de la interfaz TTL-RS232 o el bus RS-485; para luego ser almacenados en una base de datos y exportarlos a una hoja en Excel, la misma que podría ser utilizada por el sistema de administración de mantenimiento de unidades "DATASTREAM", utilizado por la empresa.

2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE

En este capítulo se expone el diseño del hardware del Horómetro y del Totalizador de Ciclos construidos.

Estos dispositivos están compuestos por elementos que permiten la detección y visualización de eventos, almacenamiento de datos y comunicación serial con el computador. Estos dispositivos deben cumplir con ciertos requisitos:

- * Facilidad para realizar conexiones externas de entradas, salidas, fuente de alimentación.
- * Capacidad para trabajar en temperaturas elevadas.
- * Fácil montaje
- * Visualización agradable de la información.
- * Fácil manejo a través de comandos
- * Respaldo de datos cuando existan cortes del suministro de energía.
- * Comunicación directamente con el computador a través de la interfaz RS-232 o conexión a un bus RS-485.
- * Ser lo más compacto posible.

Los elementos utilizados para la construcción de estos dispositivos son los siguientes:

- * Microcontrolador PIC18F2525.
- * Teclado matricial 3 x 4.
- * Pantalla LCD.
- * Módulo BV4218.
- * Memoria Serial.
- * Convertidor TAL a RS-485 o RS-232 para la comunicación serial.
- * Relés.
- * Fuente de voltaje.
- * Cargador de batería de respaldo.

El Horómetro es el equipo encargado de registrar las horas de funcionamiento de los motores que está monitoreando de los stands del tren de laminación. El diseño del horómetro se resume en el diagrama de bloque de la figura 2.1

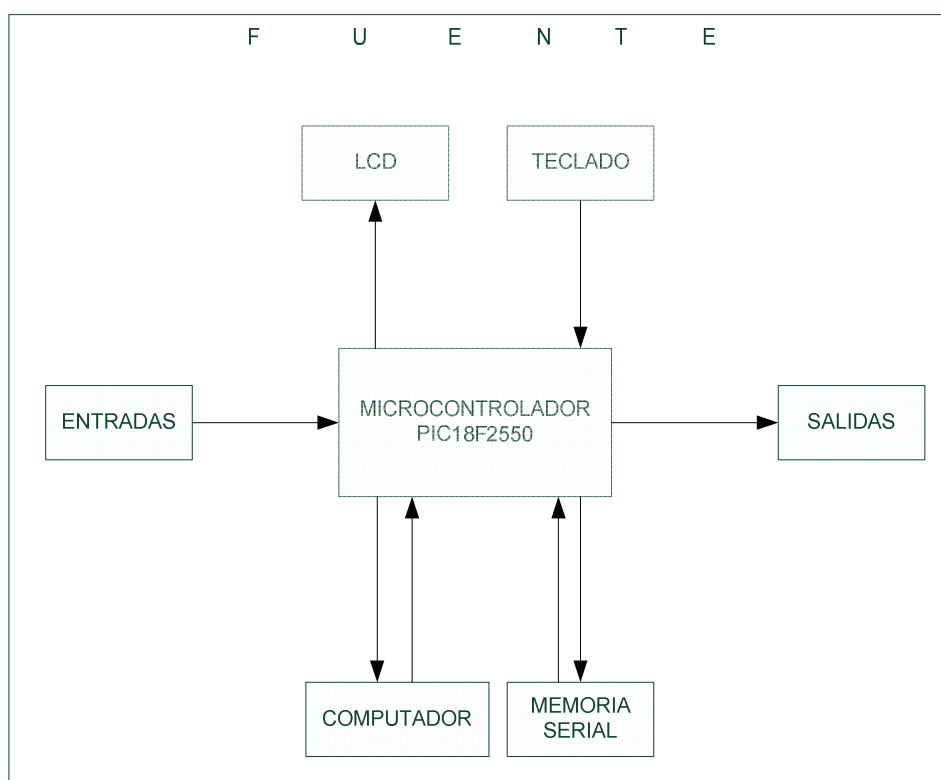


Figura 2.1 Diagrama en Bloque Simplificado del Horómetro

Los totalizadores registran los eventos como: número de veces en que se cierran y abren los contactores que manejan el puente grúa, el número de veces que la cizalla ha realizado un corte y el número de veces en que los contrapesos han movido la mesa de enfriamiento. El hardware utilizado para el totalizador se visualiza en la siguiente figura.

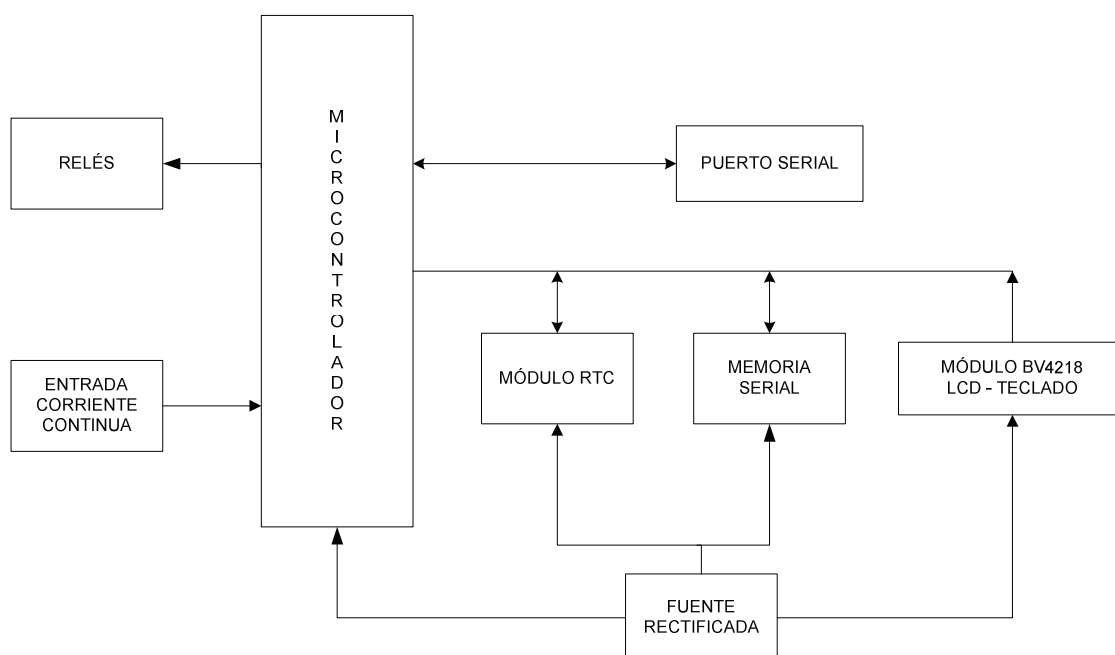


Figura 2.1 Diagrama en Bloque Simplificado del Totalizador de Ciclos

El hardware constituye la parte física del equipo, la cual se construye mediante la utilización de elementos de pequeño tamaño, fácil manejo, bajo consumo de energía, bajo costo, con la disponibilidad de encontrar en Internet cualquier tipo de información a cerca de especificaciones técnica, que ayudan al correcto funcionamiento de los mismos, manuales, etc.

El hardware de los dispositivos, tanto para el horómetro como para el totalizador, está compuesto por las siguientes etapas:

- * **Etapas de entradas.-** En esta parte del circuito ingresa la información, esto es, comandos para el microcontrolador a través de teclado, pulso para el totalizador, señal de encendido/apagado para el horómetro.
 - Teclado
 - Circuito de aislamiento entre la señal de entrada y el microcontrolador

* **Etapa de control y visualización**

Aquí se hará la recopilación de las características necesarias para la elección de los elementos que permitirán realizar las tareas encomendadas por el usuario a través del teclado o del computador. Estos elementos son:

- Microcontrolador
- Reloj en tiempo real
- Memoria serial
- Convertidor TTL a RS-485 o RS-232 para comunicación serial
- Visualizador de cristal líquido
- Leds de visualización

* **Etapa de salidas**

En cuanto a la etapa de salida, se tiene la posibilidad de conectar alarmas visuales o auditivas, que serán activadas en el momento en que se cumpla el valor de horas o ciclos programados para el horómetro o el totalizador, respectivamente. En esta etapa se tiene:

- Relés

* **Fuente de alimentación**

Esta parte del circuito se encarga de proveer de energía eléctrica a todo el circuito para que realicen sus respectivas tareas. Además de evitar la pérdida de datos por cortes de energía.

- Reguladores de voltaje
- Circuito de respaldo
- Cargador de batería
-

La disposición de cada elemento está expuesta en el siguiente diagrama de bloques:

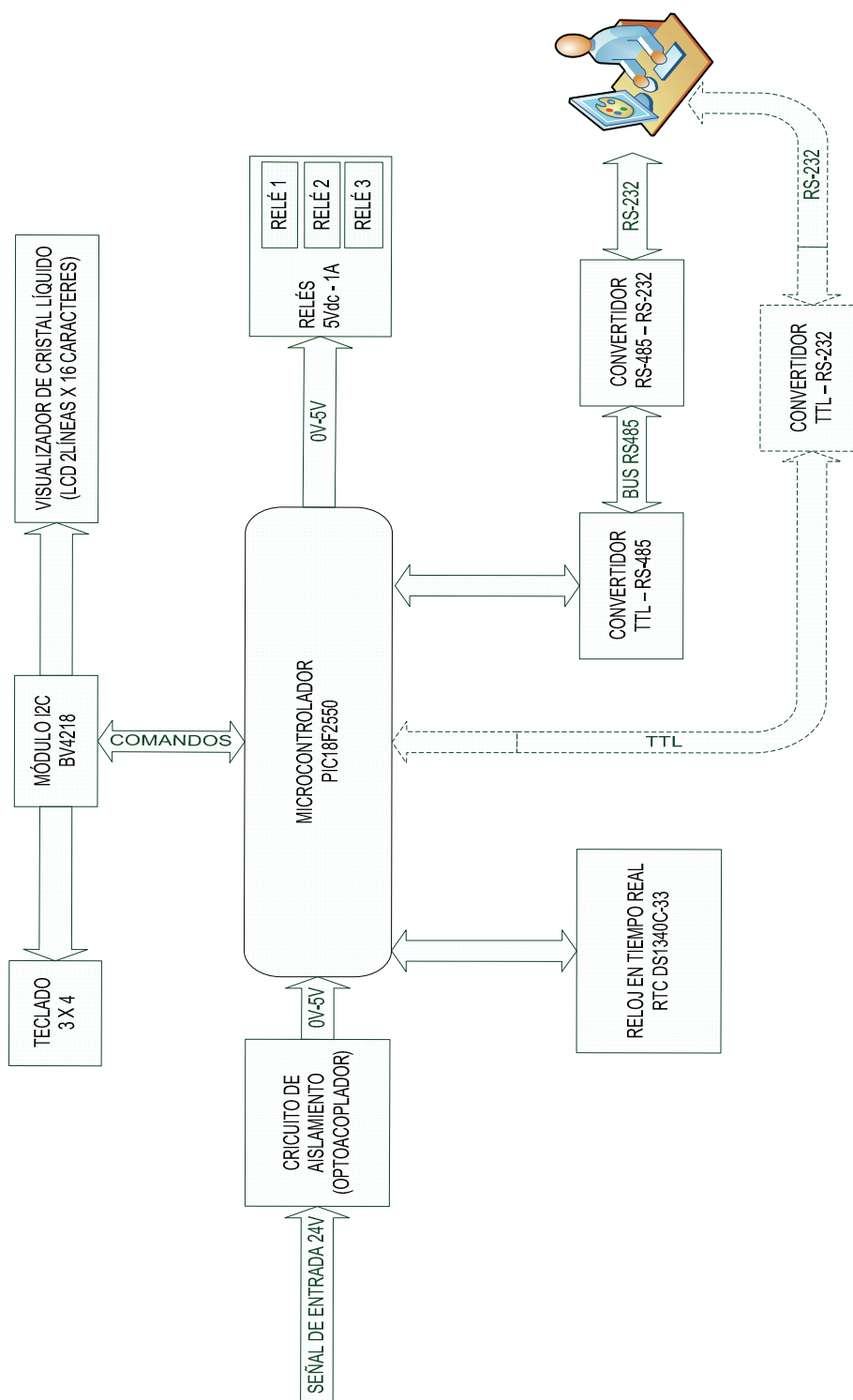


Figura 2.2 Diagrama en Bloque del Dispositivo

2.1 ENTRADAS FÍSICAS

Estos dispositivos, horómetro y totalizador, responden a una entrada que proviene de un elemento activo los cuales entregan una señal con energía. Los dispositivos toman la señal de entrada del tren automático de laminación, para el totalizador de ciclos se utiliza la señal de:

* *La cizalla.*- Es una maquinaria activada por un motor eléctrico que sirve para realizar cortes de varilla, láminas metálicas, etc.



Figura 2.3 Cizalla Volante Tren de Laminación NOVACERO S.A.

* *Contrapesos de la mesa de enfriamiento.*- Estos equilibran el peso de las varillas para permitir mover la mesa de enfriamiento.



Figura 2.4 Mesa de Enfriamiento y Contrapesos Tren de Laminación NOVACERO S.A.

* *Puente grúa.*- Los Puentes-Grúa son máquinas para elevación y transporte de materiales, tanto en interior como en exterior, de uso muy común tanto en almacenes industriales, como talleres. Básicamente se trata de una estructura elevada formada por una o varias vigas metálicas, con un sistema de desplazamiento de cuatro ruedas sobre rieles laterales, movidos por uno o más motores eléctricos, con un sistema elevador central mediante polipasto² y gancho.

Se controlan a través de botoneras, las mismas que permite abrir o cerrar contactores para realizar movimientos de subida, bajada, desplazamiento hacia la derecha, izquierda, norte o sur.

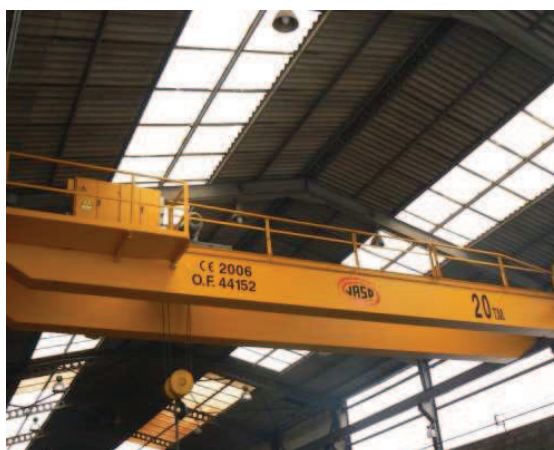


Figura 2.5 Puente Grúa Tren de Laminación NOVACERO S.A.

Los cuales emiten un pulso de voltaje de 24V, durante 300ms, cada vez que se realiza un corte en la varilla, a la presencia de un movimiento en la mesa de enfriamiento o en el puente grúa.

Para el horómetro se utiliza la señal de un motor de unos de los diferentes stands del tren, esto es 24V para un motor encendido y 0V para un motor apagado.

² Polipasto: m. Aparejo de dos grupos de poleas, uno fijo y otro móvil.



Figura 2.6 Stand 9 Tren de Laminación NOVACERO S.A.

Es importante considerar que estas señales se encuentran actuando con el medio externo exponiéndose a interferencia tales como: picos de corrientes, variaciones de voltaje, ruido, etc., que afecta el funcionamiento de cualquier equipo electrónico, de ahí la necesidad de aislar dicha señal de los dispositivos para evitar cualquier daño.

Los dispositivos tendrán tres entradas activas optoaisladas, para lo que se utilizará el optotransistor NPN 4N25, de fácil adquisición del mercado, con un voltaje de aislamiento de $100V_{DC}$ y una potencia de disipación en el colector de 150 mW.

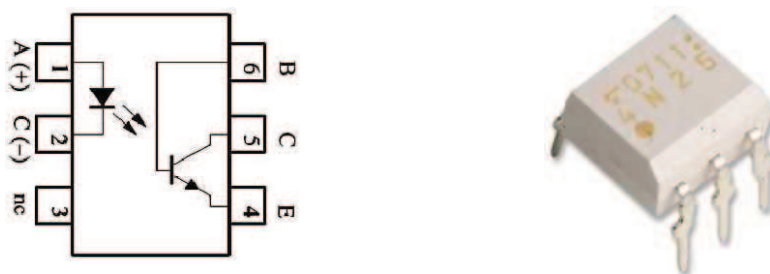


Figura 2.7 Optotransistor 4N25

2.1.1 CIRCUITO DE AISLAMIENTO ENTRE LA SEÑAL DE ENTRADA Y EL MICROCONTROLADOR

Para el cálculo de las resistencias se definen o siguientes parámetros:

- Voltaje de entrada $V_{IN} = 24V_{DC}$
- Voltaje de salida $V_{OUT} = 5V_{DC}$
- Corriente máxima por el diodo $I_{f_{m\acute{a}x.}} = 60 \text{ mA}$
- Corriente continua por el colector – emisor $I_c = 10 \text{ mA}$

En la entrada del optotransistor funciona con un diodo, por lo que el cálculo de la resistencia R_1 se va a realizar de acuerdo la corriente que puede activar al led, el cálculo es el siguiente:

$$R1_{min} = \frac{VDC_{IN} - Vdiodo}{I_f}$$

Para una corriente $I_f = 10 \text{ mA} < 60 \text{ mA}$ (Corriente máxima que soporta el diodo)

$$R1_{min} = \frac{24 \text{ V} - 3 \text{ V}}{10 \text{ mA}}$$

$$R1_{min} = 2100 \Omega$$

La resistencia escogida será la de mayor valor normalizado, con ello limita la corriente que circula por el diodo.

$$P_{DR1} = I^2 * R$$

$$P_{DR1} = (10 \text{ mA})^2 * (2200 \Omega)$$

$$P_{DR1} = 0.22 \text{ W}$$

$$R_1 = 2.2 \text{ K}\Omega ; \frac{1}{2} \text{ W}$$

En la etapa de salida el cálculo de la resistencia es:

$$R_{2\min} = \frac{(V_{DC} - V_{LED} - V_{SAT})}{I_{C\max}}$$

$$R_{2\min} = \frac{(5 - 3 - 0.5)V}{10mA}$$

$$R_{2\min} = 150 \Omega \sim 330 \Omega //$$

$$P_{DR2} = I^2 * R$$

$$P_{DR2} = (10mA)^2 * (330\Omega)$$

$$P_{DR1} = 0.033 W$$

$$R_2 = 330\Omega ; 1/4 W$$

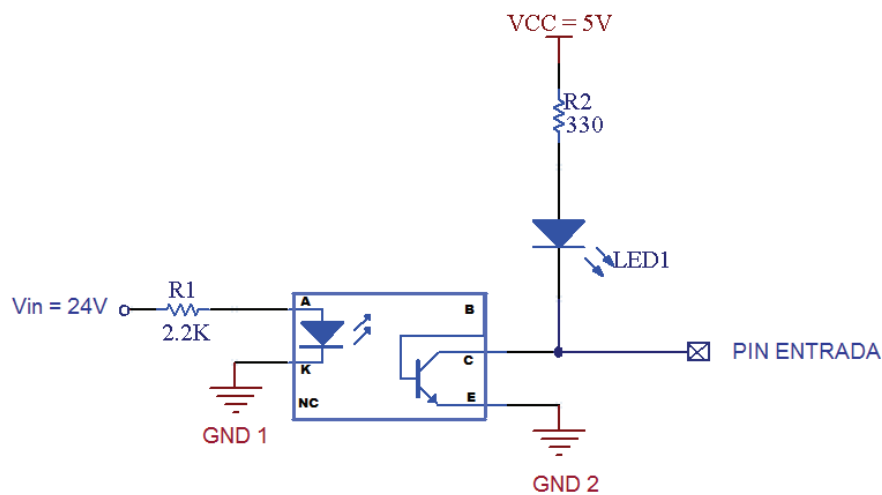


Figura 2.8 Entrada al microcontrolador optoacoplada

Cuando no hay tensión en la entrada, no hay corriente por el diodo del optoaislador. Entonces el transistor estará cortado, por lo que en la entrada del pin del Microcontrolador se tendrá un nivel de aproximadamente 5 V. Cuando se aplique diferencia de tensión en la entrada, circulará corriente por el diodo.

Esta corriente será suficiente para que el transistor se sature, por lo que en la entrada del PIC habrá una tensión de 0.2 V aproximadamente. A este tipo de entrada

se le denomina inversora, porque cuando hay tensión se lee un cero y cuando no hay se lee un 1.

2.2 MICROCONTROLADOR PIC18F2525

Este constituye en el cerebro del equipo, ya que maneja la activación o desactivación de los relés, visualizar información en el LCD, lectura del teclado, comunicación entre la computadora.

Para el diseño de los dispositivos se utilizó el microcontrolador fabricado por la MICROCHIP™, este es el PIC18F2525 es un microcontrolador que posee memoria de programación de tipo CMOS FLASH, es decir que permite ser programado y borrado eléctricamente 100.000 veces, con esto se puede realizar las pruebas de funcionamiento necesarias para el dispositivo.

Cuenta con un set de 75 instrucciones, buscando con ello que la programación sea más manejable, con la opción habilitar un set de instrucciones extendidas. En cuanto a los puertos, cuenta con 4, los mismos que se pueden configurar como entrada y/o salida digitales para el manejo del LCD, teclado, relés, señalización a través de leds.

En cuanto a la memoria posee 256 bytes en la EEPROM, con ello se puede almacenar datos de horas, ciclos, parámetros de comunicación (ID), alarmas. Para la memoria tipo FLASH (reprogramable eléctricamente) se dispone de 32K, utilizado para el desarrollo del programa requerido por el dispositivo.

Cuenta con 19 fuentes de interrupción con la opción de poderlas asignar por niveles de prioridad. Tiene un módulo de comunicación de serie que es capaz de funcionar con el estándar RS-232. Otras mejoras incluyen detección de velocidad automática con una resolución de 16 bits.

Es de fácil adquisición en el mercado y a un bajo costo. A continuación se muestra la distribución de pines del PIC18F2525:

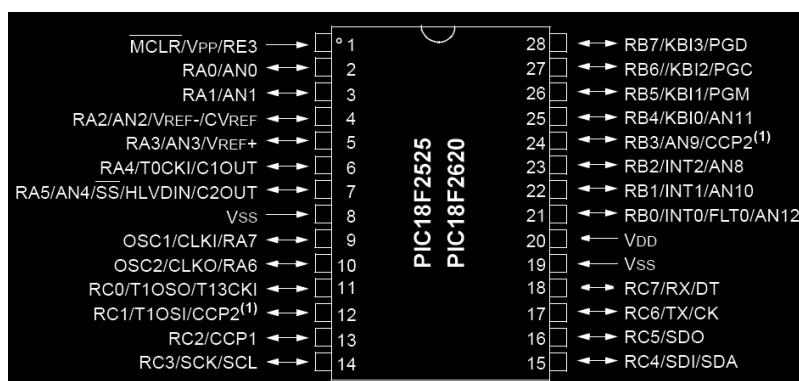


Figura 2.9 Distribución de pines del microcontrolador PIC18F2525

A continuación se realiza una descripción la función que desempeña cada uno de los pines utilizados del microcontrolador:

PUERTO A

RA0.- Alarma 1, es utilizado para encender un led rojo cuando el valor programado de horas o ciclos de la entrada 1 se haya cumplido.

RA1.- Alarma 2, es utilizado para encender un led rojo cuando el valor programado de horas o ciclos de la entrada 2 se haya cumplido.

RA2.- Alarma 3, es utilizado para encender un led rojo cuando el valor programado de horas o ciclos de la entrada 3 se haya cumplido.

RA3.- Controla un led de color azul que titila, indicando de esta forma que se está realizando la adquisición de datos por parte del computador.

PUERTO B

RB0.- Canal 1, este pin registra los eventos, horas o ciclos, que son almacenados en un contador.

RB1.- Canal 2, este pin registra los eventos, horas o ciclos, que son almacenados en un contador.

RB2.- Canal 3, este pin registra los eventos, horas o ciclos, que son almacenados en un contador.

RB3.-Este pin de salida controla los pines RE y DE del MAX485 en forma simultánea para poner al dispositivo en estado de transmisión o recepción. Esto cuando se ha decidido utilizar la comunicación por el estándar RS-485. Para la comunicación RS-232, este pin no es utilizado.

RB4.- Alarma 3, este pin de salida activa un relé de 5V, 1A, en el momento en que se hayan cumplido las horas o ciclos programados, correspondiente a la entrada 3

RB5.- Alarma 2, este pin de salida activa un relé de 5V, 1A, en el momento en que se hayan cumplido las horas o ciclos programados, correspondiente a la entrada 2

RB6.- Alarma 1, este pin de salida activa un relé de 5V, 1A, en el momento en que se hayan cumplido las horas o ciclos programados, correspondiente a la entrada 1

RB7.- A este pin llega la señal de alimentación del dispositivo, el cual solo realizará la cuenta de las horas o ciclos solo cuando exista la alimentación externa.

PUERTO C

RC0.- Pin de la señal de reloj para la comunicación I2C (SCL).

RC1.- Pin de datos para la comunicación I2C (SDA).

RC2.-Este pin de entrada recibe un 0L cuando se ha presionado una tecla del teclado y un 1L cuando no existen teclas presionadas.

RC6.-Utilizado para la comunicación RS-485 o RS-232. Este pin se utiliza para la transmisión de datos.

RC7.- Utilizado para la comunicación RS-485 o RS-232. Este pin se utiliza para la recepción de datos.

2.2.1 CIRCUITO DE RESET EXTERNO Y OSCILADOR DE 4MHZ PARA EL PIC18F2525

El circuito mostrado en la figura 2.9 permite el reseteo del microcontrolador PIC18f2525. Este circuito está compuesto por un pulsante antirrebote, que se forma por un pulsador en paralelo con un capacitor, el cual dará una señal en nivel bajo en el pin 1 \overline{MCLR} (Master Clear Reset) cuando se lo desee.

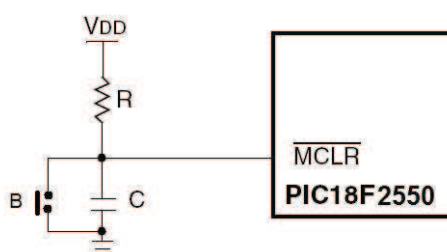


Figura 2.10 Circuito de Reset Externo para el PIC18F2525

Los microcontroladores de la familia PIC necesita un circuito oscilador para su funcionamiento; el PIC18F2525 es capaz de soportar hasta 20 MHz de frecuencia de operación. La conexión del oscilador del cristal recomendada por el fabricante e implementada en el diseño propone el uso de:

- Un oscilador de cristal de 4 MHz el cual define la velocidad con que se ejecutarán las instrucciones dentro del microcontrolador.
- Dos capacitores de 27 pF cada uno con el fin de filtrar el ruido y así garantizar el buen funcionamiento del oscilador y por ende del microcontrolador.

La conexión del oscilador de cristal con el microcontrolador se muestra en la siguiente figura:

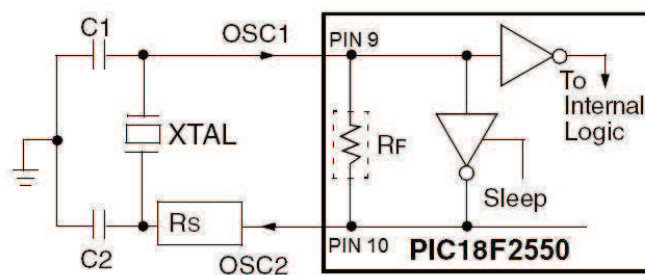


Figura 2.11 Configuración del Oscilar de Cristal

2.3 RELOJ EN TIEMPO REAL

Estos dispositivos a más de almacenar el número de horas o ciclos, que es en esencia su función, deben almacenar dichos datos en base a una fecha, la misma que ayudará a realizar búsquedas y presentación de información.

Para esto se utiliza un módulo reloj-calendario en tiempo real RTC DS1340C-33 de MAXIM Dallas SemiConductor; incluye un software para calibrar el reloj. Este reloj – calendario provee información de segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año. El dispositivo es programado serialmente a través de un bus I2C bidireccional. La disposición de los pines, simbología y función de cada uno de ellos se presenta a continuación:

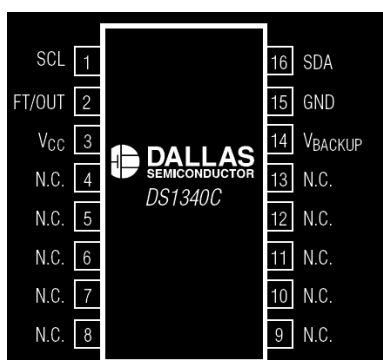


Figura 2.12 Reloj en Tiempo Real (RTC) DS1340C-33

PIN	NOMBRE	FUNCIÓN
1	SCL	Entrada serial de la señal de reloj para la interfaz I2C y es usada para sincronizar el movimiento de los datos en dentro de la interfaz serial.
2	FT/OUT	Salida de verificación de frecuencia. Este pin es usado como salida de una señal de 512 Hz.
3	Vcc	Fuente de alimentación primaria.
4-13	N.C.	No Conectados. Deberán estar conectados a tierra.
13	V _{BACKUP}	Conexión para una fuente de alimentación secundaria. Para dispositivos de 1.8V a 3V. Este voltaje debe mantenerse entre 1.3V y 3.7V para una operación apropiada. Este pin puede ser conectado a una batería primaria como una batería de pastilla de Litio, adicionalmente este pin puede ser conectado a una batería recargable. UL reconocido para asegurar conexión de batería anti polaridad inversa.
15	GND	Tierra
16	SDA	Entrada/Salida serial de dato para una interfaz serial I2C. Este pin es de colector abierto y requiere de un resistor externo conectado a Vcc (pull-up).

Tabla 2.1 Distribución de Pines del Reloj en Tiempo Real

El reloj - calendario DS1340C opera como un dispositivo esclavo en el bus serial. Tiene integrado en su paquete un cristal de 32,768Hz. El acceso se obtiene al implementar la condición de INICIO y al proveer un código de identificación del dispositivo seguido por el dato. Seguidamente se puede acceder a los registros en forma secuencial hasta que la condición de PARADA sea ejecutada. El dispositivo es completamente accesible y los datos pueden ser leído y escritos mientras el voltaje de alimentación Vcc sea mayor que el voltaje V_{PF} (Power Fail Voltage), Voltaje por Falla de Alimentación, que debe estar entre 2,70 a 2,97 V. Sin embargo cuando el voltaje de alimentación Vcc cae más debajo del voltaje V_{PF}, los registros internos del reloj son bloqueados para cualquier acceso. Si el voltaje V_{PF} es más pequeño que el

voltaje de respaldo V_{BACKUP} , la alimentación del dispositivo es cambiada del V_{CC} al V_{BACKUP} .

Los registros del RTC son localizados en las direcciones 00h a 06h y el registro de control se encuentra en la localidad 07h.

DIREC	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCIÓN	RANG
00H	$\overline{\text{EOSC}}$	10 Segundos			Segundos				Segundo	00-59
01H	x	10 minutos			Minutos				Minutos	00-59
02H	CEB	CB	10 Horas		Horas				Horas	00-23
03H	x	x	x	x	x	Día			Día	01-07
04H	x	x	10 Fecha		Fecha				Fecha	01-31
05H	X	x	x	10 M	Mes				Mes	01-12
06H	10 Año				Año				Año	00-99
07H	OUT	FT	S	CAL4	CAL3	CAL2	CAL1	CAL0	CONTROL	-
08H	TCS3	TCS2	TCS1	TCS0	DS1	DS0	ROUT1	ROUT0	Cargador a chorro	-
09H	OSF	0	0	0	0	0	0	0	Bandera	-

Tabla 2.2 Mapa de direcciones de RTC

La información del reloj – calendario es obtenida al leer los bytes de los registros apropiados. La tabla 2.2 indica los registros de RTC. El contenido de estos registros tiene formato código decimal binario (BCD). El registro del día de la semana se incrementa a la medianoche. Los valores que corresponden al día de la semana son definidos por el usuario pero deberá ser en forma secuencial (Ej.: si 1 igual Domingo, entonces 2 igual a Lunes). El bit 7 del registro 0 es el bit para habilitar el oscilador (EOSC). Cuando este bit es puesto a 1, el oscilador está deshabilitado. Cuando se pone a 0, se habilita al oscilador. Al energizar al RTC el valor por defecto es el 0.

La localidad 02h es el registro de siglo/horas. El bit 7 y 6 de éste registro son el bit para habilitar los siglos (CEB) y el bit de siglos (CB). Con un 1L en CEB cuando el año llegue a 99, el bit CB cambia a 1, indicando que se ha incrementado un año más (100). Al limpiar el bit (CEB), el bit (CB), no cambiará y los registros se inicializarán.

La conexión del módulo RTC, reloj en tiempo real con el microcontrolador se presenta a continuación. Este módulo ya tiene incorporado las resistencias de “pull-up”, cuyo valor es de 4,7 K Ω en el bus de datos y la señal de reloj, ya que estos pines son de colector abierto. Y la dirección utilizada para el RTC, como esclavo en el bus I2C, es 11010000, seguido de un 1 para realizar operaciones de lectura y 0 para escritura. Cabe recalcar que este módulo no requiere de componentes externos para su funcionamiento. Solo se necesita la línea de datos SDA, la línea de reloj SCL, voltaje de alimentación Vcc, y tierra GND.



Figura 2.13 Módulo RTC

Pin No	NOMBRE	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	VCC	Alimentación	Voltaje de alimentación
2	FT/OUT	Salida	Salida/prueba de frecuencia
3	SCL	Entrada	Línea serial del reloj
4	SDA	E/S	Línea serial de datos
5	GND	Alimentación	Tierra de la fuente de alimentación

Tabla 2.3 Descripción de los pines de Módulo RTC

2.4 MÓDULO I2C BV4218

El módulo BV4218 es un pequeño circuito con interfaz serial I2C (Inter-Integrated Circuit), Circuitos Inter-Integrados. Utiliza dos líneas para transmitir la información: una para los datos y por otra la señal de reloj, la dirección por defecto para este módulo es 0x42.

Este módulo es capaz de controlar un LCD y un teclado 3 x 4 y es montado en la parte posterior del LCD.

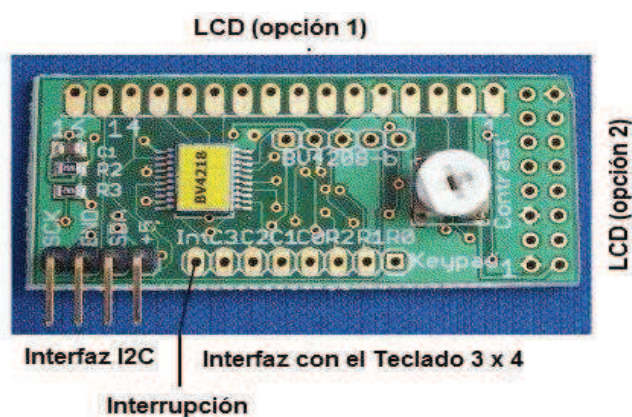


Figura 2.14 Módulo I2C BV4218

Las resistencias de pull-up que requiere este módulo se las obtiene del módulo RTC. Entre las principales características de este módulo se tiene que se puede transmitir los datos a velocidad de 400 KHz para modo de alta velocidad y 100KHz para modo estándar, la dirección puede ser reconfigurable. A través de comandos se puede comunicar con el LCD, encender la luz posterior. Tiene un pequeño potenciómetro que permite variar su contraste.

El buffer del LCD puede almacenar hasta 31 caracteres, mientras que el del teclado almacena hasta 16 teclas presionadas. Además cuenta con un pin que indica con un 0L que una tecla ha sido presionada y con un 1L que no hay teclas presionadas.

Puede funcionar con un voltaje de 2,0 a 5,5V y consume menos de 1mA a 5V. Además cuenta con un pin que indica con un 0L que una tecla ha sido presionada y con un 1L que no existe teclas presionadas para ser leídas.

El set de comandos está dividido en tres grupos, que pueden ser de escritura o lectura y se enumeran a continuación:

Comandos para el LCD

- 1 Enviar Comando al LCD
- 2 Enviar datos al LCD
- 3 Luz Posterior encendido/apagado
- 4 Visualizar mensaje almacena en la memoria EEPROM
- 5 Encendido/apagado de la pantalla
- 6 Leer mensaje

Comandos para el Teclado

- 0x10 Número de teclas presionadas
- 0x11 Leer la tecla presionada
- 0x12 Dirección de la tecla en la memoria EEPROM
- 0x13 Tecla actualmente presionada
- 0x14 Limpiar el buffer del teclado

Comandos del Sistemas

Los comandos del sistema permiten leer y escribir la EEPROM, entre otras cosas, la dirección del dispositivo puede cambiar temporal o definitivamente.

A continuación se indica la tabla 2.4 con la descripción de los comandos disponibles para el manejo de la memoria EEPROM del módulo:

COMANDOS BV4218 PARA LA MEMORIA EEPROM	
0x55	Permite comprobar el funcionamiento de la interfaz entre el módulo y el microcontrolador.
0x90	Lee uno o varios bytes de una dirección específica de la memoria EEPROM. Hasta 30 caracteres a la vez.
0x91	Escribe uno o varios bytes de una dirección específica de la memoria EEPROM. Hasta 30 caracteres a la vez.
0x92	Regresa con un 1 si la operación de escritura en la memoria EEPROM se encuentra en progreso. Caso contrario retorna un 0.
0x93	Retorna un byte indicando la última dirección de la memoria EEPROM en la que se puede escribir para almacenar datos del usuario.
0x98	Permite cambiar la dirección del dispositivo en forma temporal. Al resetear el dispositivo la restablece la dirección por defecto 0x42
0x90	Cambia en forma definitiva la dirección del dispositivo

Tabla 2.4 Comandos BV4218 para la memoria EEPROM

Esta es un ejemplo de la forma en que se debe conectar el módulo a un LCD de 20 x 2 líneas y un teclado de 12 teclas.

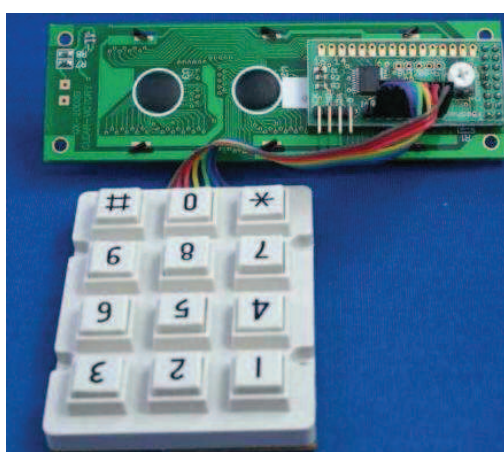


Figura 2.15 Forma de conexión del Módulo BV4218 al teclado y al LCD

2.5 VISUALIZADOR DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD)

La pantalla de cristal líquido LCD (Liquid Crystal Display), es un dispositivo microcontrolado de visualización gráfico para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos), en este caso dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (píxeles), aunque los hay de otro número de filas y caracteres.



Figura 2.16 Pantalla LCD 16 x 2 con luz posterior

Este dispositivo está gobernado internamente por un microcontrolador Hitachi 44780 y regula todos los parámetros de presentación, este modelo es el más comúnmente usado.

Las características eléctricas del LCD se detallan en la tabla 2.7

PARÁMETRO	VALOR
Voltaje de Alimentación	6,5 V _{MAX}
Corriente de Alimentación	3 mA
Voltaje de Entrada	Min=Vss, Max= Vdd
Temperatura de operación	50°C _{MAX}

Tabla 2.5 Especificaciones Eléctricas del LCD

La distribución de pines de un módulo LCD es estándar, de ahí que el LCD de 16 caracteres x 2 líneas dispone 14 terminales de conexión cuya distribución es la siguiente:

PIN No	NOMBRE	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Vss	-	0V _{DC} Tierra
2	Vcc	-	Alimentación 5V
3	Vo	-	Control de contraste
4	RS	E	Selección de registro de comandos o de datos
5	R/W	E	Selección leer/escribir en la pantalla
6	E	E	Activar o desactivar la pantalla
7	DB0	E/S	Bit 0 de datos
8	DB1	E/S	Bit 1 de datos
9	DB2	E/S	Bit 2 de datos
10	DB3	E/S	Bit 3 de datos
11	DB4	E/S	Bit 4 de datos
12	DB5	E/S	Bit 5 de datos
13	DB6	E/S	Bit 6 de datos
14	DB7	E/S	Bit 7 de datos
15	A	-	Ánodo de iluminación posterior
16	K	-	Cátodo de iluminación posterior

Tabla 2.6 Distribución de Pines de LCD

Para el presente proyecto se decidió utilizar un LCD de 2 líneas x 16 caracteres, para la visualización de horas o ciclos sean en forma total, mensual de cada una de las tres entradas, además de indicar el set configurado para las alarmas, configuración de la comunicación, estado lógico de la estradas, estado lógico de la alimentación externa, hora y fecha del RTC, entre información. Debido a que este dispositivo se encuentra en un medio con iluminación baja, se requirió que el LCD tenga luz posterior, la cual estará encendida siempre y cuando se tenga alimentación externa (110V o 240 V). Cuando el circuito esté alimentado por la batería, esta luz se apagará.

El LCD es manejado por el microcontrolador a través del módulo BV4218 que utiliza la comunicación I2C, de esta maneja se economiza los pines del PIC ya que solo interviene las líneas de datos y señal de reloj. Este módulo opera en modo de 4 bits para el envío de datos y comandos hacia el LCD; por ello los pines 7 al 10 no son

usados. Los comandos utilizados por el módulo BV4218 para controlar el LCD se describen a continuación:

COMANDOS BV4218 PARA EL LCD	
1	Envía directamente al LCD un comando, como por ejemplo: limpiar la pantalla (1), encender el cursor (0x0e), apagar el cursor (0x0c), parpadear el cursor mientras visualizan los caracteres (0x0F), mover el cursor hacia la derecha (4).
2	Este comando envía datos que serán visualizados en el display.
3	Con este comando seguido de un 0 se puede encender la luz posterior del LCD y si es seguido de un 1 la luz posterior se apagará.
4	Permite visualizar un cadena de caracteres almacenados en la memoria EEPROM del módulo
5	Este comando seguido de un 1 habilita la pantalla para poder visualizar los caracteres. Si se envía un 0 la pantalla queda deshabilitada.
6	Retorna la dirección en donde se encuentra almacenado un mensaje que puede ser modificado como mensaje al inicializarse el LCD.

Tabla 2.7 Comandos BV4218 para el LCD

2.6 TECLADO MATRICIAL 4 X 3

Un teclado matricial es un simple arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos.

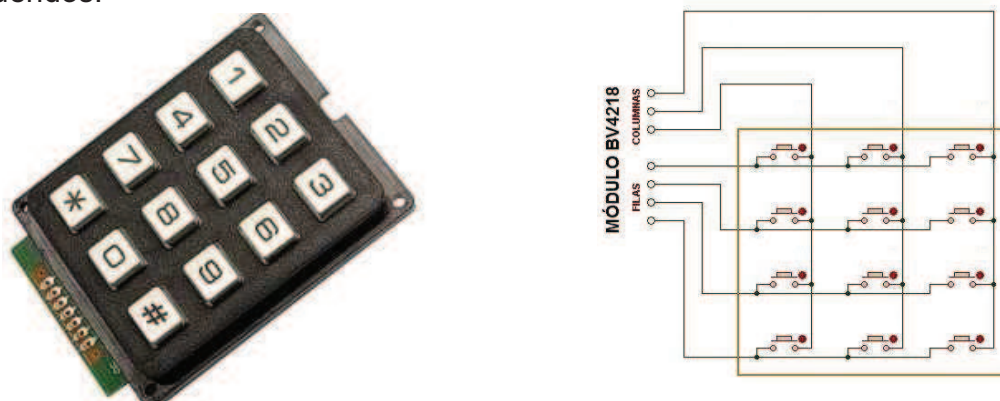


Figura 2.17 Teclado Matricial 4 x 3

Gracias a que este teclado está controlado por el módulo serial BV4218, se reduce considerablemente la utilización de los pines ya que el teclado solo usará los pines de las líneas de datos y señal de reloj del bus I2C.

COMANDOS BV4218 PARA EL TECLADO	
0x10	Retorna un byte con el número de teclas que han sido presionadas. Cada vez que se presiona una tecla un contador del buffer se incrementa en uno (hasta 16).
0x11	Este comando retorna el valor de la tecla que se ha presionado y reduce el contador de buffer.
0x12	Devuelve la dirección asignada a las teclas, esto permite asignar un valor diferente a determinada tecla.
0x13	Indica con un 1 si una tecla está actualmente presionada mientras que un 0 indica que no se está presionando ninguna tecla.
0x14	Emitiendo esta orden se vaciará el buffer del teclado y se podrá a 0 el contador

Tabla 2.8 Comandos BV4218 para el teclado

El teclado se conecta al BV4218 con la siguiente distribución de pines:

PIN No	DESCRIPCIÓN
1	Fila 0
2	Fila 1
3	Fila 2
4	Fila 3
5	Columna 0
6	Columna 1
7	Columna 2. Reset de Fábrica
8	Interrupción, activado en bajo

Tabla 2.9 Distribución de pines del módulo BV4218 para el teclado

Un teclado matricial estándar puede ser conectado directamente a los pines del módulo. Existe una interfaz entre el módulo y el teclado usando comunicación I2C.

La principal ventaja de de este módulo es que el microcontrolador ya no necesita realizar una verificación para saber si se ha presionado o no una tecla, dejando este tiempo para hacer otras cosas.

La salida de interrupción (pin 8) va a nivel bajo si es que una tecla en el buffer de entrada está lista para ser leída.

A continuación se describe la función que cumple cada tecla, en función de lo que debe realizar el dispositivo, sea un horómetro o totalizador:

- Números de 0-9.- Estas 10 teclas son utilizadas para el ingreso de comando, la fecha, la hora, la clave de administrador, set de alarmas, configuración de comunicación.
- Asterisco “*”.- Esta tecla se utiliza como inicio de todo comando, o cantidad para configurar las alarmas del dispositivo.
- Numeral “#”.- Esta tecla se utiliza como fin de todo comando, o cantidad para configurar las alarmas del dispositivo.

2.7 MEMORIAL SERIAL

Unas de las funciones principales que debe cumplir tanto el horómetro como el totalizador de ciclos, es la de poder almacenar los datos registros en las entradas y debido a que la memoria del microcontrolador resulta ser limitada para la cantidad de datos que se maneja, se optó por utilizar una memoria externa serial EEPROM que trabaja con el protocolo de comunicación I2C, aprovechando que en el circuito ya se tiene un bus I2C que funciona con el RTC, el teclado y el LCD.

La memoria serial almacenará los datos con el siguiente formato: un byte igual a 255 indicará el cambio de mes, seguido de un segundo byte que representa el tipo de dispositivo, horómetro el ASCII “H” o totalizador el ASCII “T”, el tercer byte representa el Año, el cuarto byte es el Mes, seguido del quinto byte que es el Día 1, a continuación se tiene 6 bytes en donde se almacenarán los datos, horas o ciclos, de

la entrada uno, dos y tres, luego viene el Día 2 y así sucesivamente. Además debe cumplir con el requerimiento que al menos almacene 4 años de datos.

En base a los dos criterios ya mencionado se escogió la memoria 24AA512, de la Microchip, es una memoria serial borrable eléctricamente de 64 K x 8 (512 Kbits), capaz de operar en un rango de voltaje de 1,7V a 5,5V. Esta memoria ha sido desarrollada para aplicaciones de bajo consumo de energía tal como comunicaciones personales y adquisición de datos.

Las líneas de dirección funcionales permiten a ocho dispositivos estar en el mismo bus, es decir, se puede tener un espacio de memoria de hasta 4 Mbits. A continuación se muestra la distribución de pines de la memoria serial:

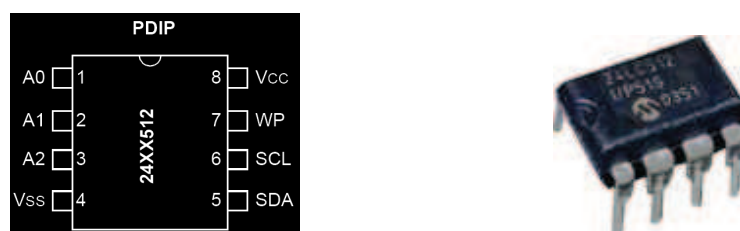


Figura 2.18 Distribución de Pines de la Memoria 24AA512

La configuración de pines de la memoria serial 24AA512 se observa en la figura 2.18. En los terminales Vcc y Vss se conecta la alimentación de 5V, SCL es la línea de la señal de reloj, esta entrada es usada para sincronizar los datos transferidos desde y hacia la memoria. SDA es la línea bidireccional para la transmisión de datos; es un terminal de colector abierto.

El nivel lógico de los pines A0, A1, y A2 sirven para dar la dirección a la memoria que actúa como esclavo en el bus I2C. La dirección utilizada por la memoria es A0h. El pin WP (Write - Protect), Protección de Escritura, puede estar conectada a Vcc o a Vss, si el pin WP está conectado a Vss las operaciones de escritura y lectura están habilitadas, mientras que al estar conectadas a Vcc, estas operaciones se deshabilitan pero las operaciones de lectura no se ven afectadas.

Entre las características eléctricas más importantes de la memoria serial se tiene:

PARÁMETRO	VALOR
Tecnología de fabricación	CMOS
Retención de datos mínima	200 años
Ciclos de borrado/escritura	1 millón
Alimentación	1,7 a 6,5V
Consumo de corriente durante el funcionamiento de escritura	5 mA @ 5,5V
Consumo de corriente durante el funcionamiento de lectura	400 μ A @ 5,5V
Consumo en standby	1 μ A
Frecuencia en la señal de reloj	100 KHz

Tabla 2.10 Características eléctricas de la memoria 24LC512

La conexión entre el microcontrolador y la memoria serial se presenta en la figura 2.19

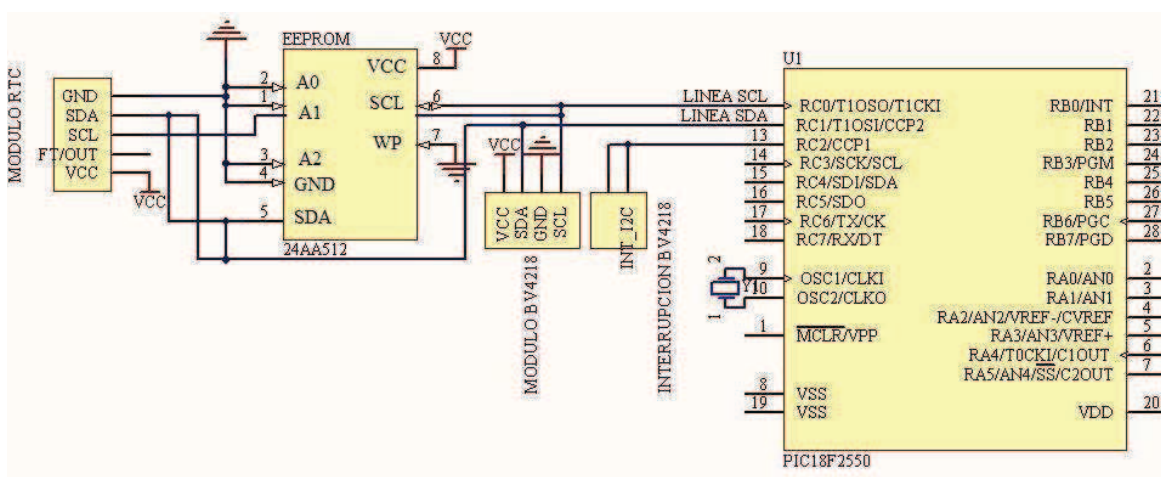


Figura 2.19 Circuito conexión Microcontrolador – Memoria Serial – Módulo RTC – Módulo BV4218

2.8 COMUNICACIÓN

El microcontrolador PIC18F2525 incluye un puerto serie que, mediante un sencillo hardware de adaptación de niveles de tensión, permite implementar un interfaz RS-232 y RS-485. Esto permitirá al microcontrolador que se comunique fácilmente con otros equipos y, en especial, con los PCs.

Tanto el horómetro como el totalizador almacenan los datos en la memoria EEPROM serial externa, dichos datos necesitan ser llevados al computador de manera que puedan ser procesados para obtener la información requerida, la misma que será utilizada para la toma de decisiones dentro de mantenimiento.

Es necesario mencionar que estos dispositivos tendrán dos opciones, la primera es que el microcontrolador se comunique con el computador a través de un bus 485, para lo cual se utilizará la interfaz TTL-RS485 que se tendrá en la placa de cada dispositivo y la interfaz RS-485-RS-232 que se tendrá en un módulo separado para todos los dispositivos que la requieran. La segunda opción es la comunicación del microcontrolador directamente con el computador, para lo cual se utilizará la interfaz TTL-RS232; se dispone de un convertidor TTL-RS232 para todos los dispositivos que lo soliciten.

2.8.1 COMUNICACIÓN SERIAL RS-232

La comunicación serial es un protocolo muy común para comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora. La comunicación serial es también un protocolo común utilizado por varios dispositivos para instrumentación. Además, la comunicación serial puede ser utilizada para adquisición de datos si se usa en conjunto con un dispositivo remoto de muestreo, en este caso el microcontrolador.

La norma RS-232 se incluye actualmente en los computadores, conocido como puerto serial y sirve para comunicarse con otras computadoras, impresoras, programadores, etc.

En esta comunicación binaria, el puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez. Por su parte la norma RS-232, elaborada por la EIA (Electronics Industry Association), define los niveles de voltaje, pines, interfaz mecánica y protocolos que debe cumplir.

Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. Para realizar la comunicación se utilizan 3 líneas de transmisión: (1) Tierra (o referencia), (2) Transmitir, (3) Recibir. Debido a que la transmisión es asincrónica, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra. Existen otras líneas disponibles para realizar *handshaking*, o intercambio de pulsos de sincronización.

La RS-232 define los siguientes valores de voltaje:

- Un "1" lógico es un voltaje comprendido entre -5V y -15v para el transmisor y entre -3V y -25V en el receptor.
- Un "0" lógico es un voltaje comprendido entre +5V y +15V en el transmisor y entre +3V y +25V en el receptor.

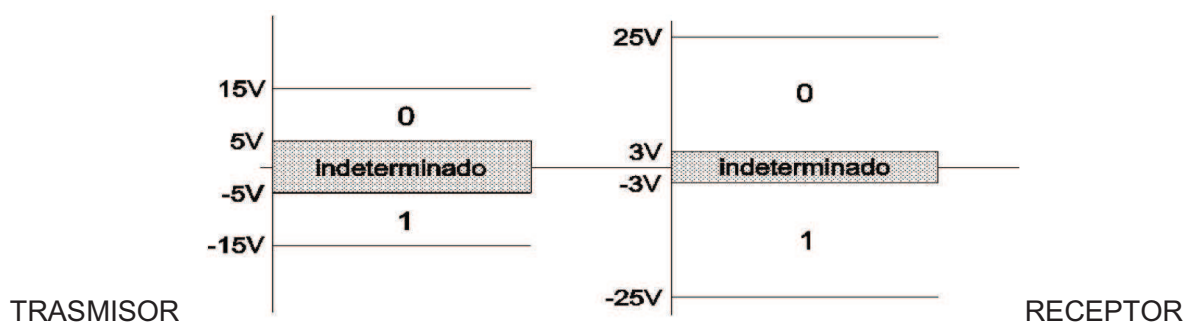


Figura 2.20 Niveles de voltaje RS-232

Las características más importantes de la comunicación serial son la velocidad de transmisión, los bits de datos, los bits de parada, y la paridad. Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales.

- * **Velocidad de transmisión (*baud rate*):** Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (*bauds*). Por ejemplo, 300 baudios representan 300 bits por segundo.

- * **Bits de datos:** Se refiere a la cantidad de bits en la transmisión. Cuando la computadora envía un paquete de información, el tamaño de ese paquete no necesariamente será de 8 bits. Las cantidades más comunes de bits por paquete son 5, 7 y 8 bits. Estos son los bits de inicio/parada, bits de datos, y paridad.

- * **Bits de parada:** Usado para indicar el fin de la comunicación de un solo paquete. Los valores típicos son 1, 1.5 o 2 bits. Además sincroniza al transmisor y receptor.

- * **Paridad:** Es una forma sencilla de verificar si hay errores en la transmisión serial. Existen cuatro tipos de paridad: par, impar, marcada y espaciada. La opción de no usar paridad alguna también está disponible.

La distancia de comunicación para el RS-232 depende del cable usado y de la velocidad seleccionada. Para el RS-232C se define como 15m máximos la longitud del cable sin considerar la velocidad de transmisión. En versiones más actuales de del estándar RS-232 se define la longitud del cable en base su capacitancia. Así por ejemplo, para un cable con 50pF/m, puede transmitirse una distancia de 50m como máximo.



Figura 2.21 Conector DB9

El puerto serial del computador es el RS-232, el mismo que es utilizado para transmitir datos de bit en bit en forma serial. A continuación se describen los pines del conector DB9:

Pin No.	SEÑAL	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	TIPO
1	-	Masa Chasis	Terminal a tierra	-
2	RxD	Receive Data	El computador recibe información del módem	E
3	TxD	Transmit Data	El computador envía información al módem	S
4	DTR	Data Terminal Ready	El computador indica al módem que está listo para iniciar la comunicación, es decir, está listo para transmitir o recibir.	S
5	SGND	Signal Ground	Terminal a tierra	-
6	DSR	Data Set Ready	El módem indica al computador que está listo para la comunicación	E
7	RTS	Request To Send	El computador pregunta al módem si puede enviar información.	S
8	CTS	Clear To Send	El módem indica al computador que puede enviar información.	E
9	RI	Ring Indicator	El computador indica que se detecto tono de una llamada entrante.	E

E= Entrada-S=Salida

Tabla 2.11 Asignación de pines del conector DB9

8.2.2 INTERFAZ TTL A RS-232

Para convertir TTL a RS-232 se pueden usar circuitos típicos de transistores y diodos discretos o los circuitos integrados MC1488 y MC1489, sin embargo, existe un circuito integrado muy popular que permite esta conversión. El MAX232 es un convertidor de nivel TTL/RS-232. Sólo es necesario este circuito integrado y 4 condensadores.



Figura 2.22 Circuito Integrado MAX232

El circuito integrado lleva internamente 2 convertidores de nivel de TTL a RS-232 y otros 2 de RS-232 a TTL con lo que en total se puede manejar 4 señales del puerto serie del PC, por lo general las más usadas son; TXD, RXD, RTS, CTS, estas dos últimas son las usadas para el protocolo handshaking pero no es imprescindible su uso. Para que el MAX232 funcione correctamente se debe poner unos condensadores externos, todo esto se puede ver en la siguiente figura.

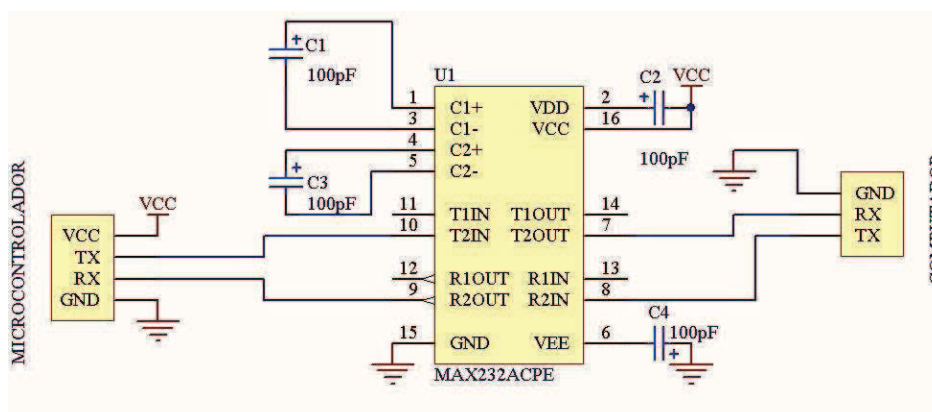


Figura 2.23 Interfaz TTL – RS232

En el MAX232 todos los condensadores deben ser de 1 microfaradio para llegar hasta 120 Kbps o de 100 nanofaradios para llegar hasta 64 Kbps.

2.8.3 COMUNICACIÓN SERIAL RS-485

La interfaz RS485 ha sido desarrollada - analógicamente a la interfaz RS422 - para la transmisión en serie de datos de alta velocidad a grandes distancias y encuentra creciente aplicación en el sector industrial. Pero mientras que la RS422 sólo permite la conexión unidireccional de hasta 10 receptores en un transmisor, la RS485 está concebida como sistema Bus bidireccional con hasta 32 participantes. Físicamente las dos interfaces sólo se diferencian mínimamente. El Bus RS485 puede instalarse tanto como sistema de 2 hilos o de 4 hilos.

Dado que varios transmisores trabajan en una línea común, tiene que garantizarse con un protocolo que en todo momento esté activo como máximo un transmisor de datos. Los otros transmisores tienen que encontrarse en ese momento en estado de alta impedancia.

Los datos en serie, se transmiten sin relación de masa como diferencia de tensión entre dos líneas correspondientes. Para cada señal a transmitir existe un par de conductores que se compone de una línea de señales invertida y otra no invertida. La línea invertida se caracteriza por regla general por el índice "A" o "-", mientras que la línea no invertida lleva "B" o "+". El receptor evalúa solamente la diferencia existente entre ambas líneas, de modo que las modalidades comunes de perturbación en la línea de transmisión no falsifican la señal útil. Los transmisores RS485 ponen a disposición bajo carga un nivel de salida de $\pm 2V$ entre las dos salidas; los módulos de recepción reconocen el nivel de $\pm 200mV$ como señal válida.

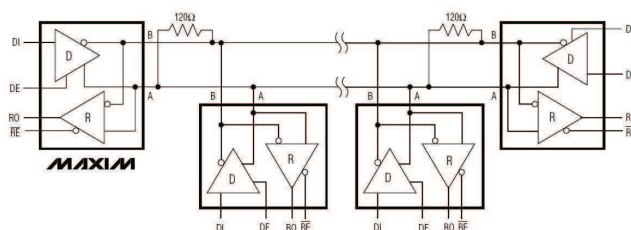


Figura 2.24 Red Típica Half-Duplex RS485

La asignación tensión de diferencia al estado lógico se define del modo siguiente:

$A - B < -0,3V = \text{OFF} = \text{Lógico 1}$

$A - B > +0,3V = \text{ON} = \text{Lógico 0}$

Usando un método de transmisión simétrico en combinación con cables de pares de baja capacidad y amortiguación (par trenzado) pueden realizarse conexiones muy eficaces a través de una distancia de hasta 500m. El uso de un cable TP de alta calidad evita por un lado la diafonía entre las señales transmitidas y por el otro reduce adicionalmente al efecto del apantallamiento, la sensibilidad de la instalación de transmisión contra señales perturbadoras entremezcladas.

En conexiones RS485 es necesario un final de cable con redes de terminación para obligar al nivel de pausa en el sistema de Bus en los tiempos en los que no esté activo ningún transmisor de datos.

Es posible crear redes de dispositivos conectados a un solo puerto RS-485. Esta capacidad, y la gran inmunidad al ruido, hacen que este tipo de transmisión serial sea la elección de muchas aplicaciones industriales que necesitan dispositivos distribuidos en red conectados a una PC u otro controlador para la colección de datos, HMI, u otras operaciones.

2.8.4 INTERFAZ TTL A RS-485

Para convertir los niveles lógicos TTL a RS485 se pueden usar circuitos integrados como el SN75176B, del Texas Instruments, DS3695 de la National Semiconductor's, LTC485 de Linear Technology's o el MAX485 de MAXIM, estos integrados tiene las entradas para las líneas A y B del bus RS-485 y una entrada TTL que habilita el integrado en modo recepción o transmisión.

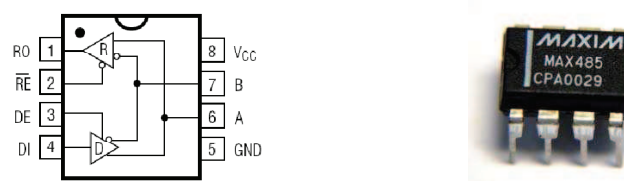


Figura 2.25 Circuito Integrado MAX485

Se debe conectar entre el pin A y B una resistencia de 120Ω. Se deben conectar resistores de 560 Ω desde A hasta Vcc y otra de B a GND para cuando el bus no está transmitiendo ni recibiendo.

Las terminaciones reducen reflexiones de voltaje que podrían causar al receptor leer mal datos. Además eliminan las reflexiones haciendo que las corrientes inicial y final sean iguales.

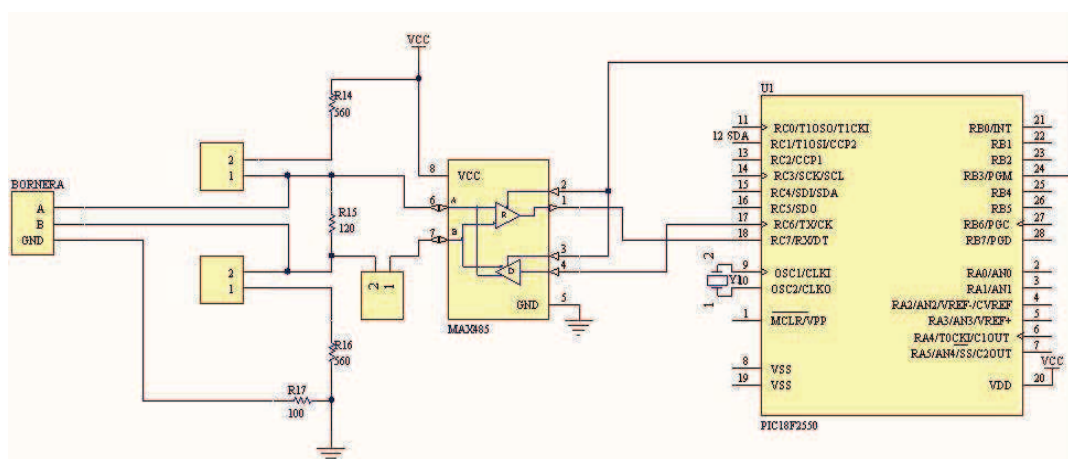


Figura 2.26 Interfaz TTL – RS485

2.8.5 INTERFAZ RS-485 A RS-232

En un bus RS-485 se transmite exactamente lo mismo que para un RS-232 así que suele haber en el mercado adaptadores entre las dos normas que capacitan, por ejemplo, a un PC para comunicarse con sensores y actuadores industriales.

En el esquema se presenta un hardware que permite al microcontrolador conectarse con un sistema RS-232 a través de un sistema RS-485. Para la interfaz RS-232 se usará el circuito integrado MAX232.

Para la interfaz RS-485 se usa el MAX485. En el sistema propuesto, mediante unos jumpers se selecciona si se quiere conectar una resistencia de $120\ \Omega$ junto con las resistencias de $560\ \Omega$ si está en un extremo del par trenzado.

La fuente que alimentará al circuito se la obtiene de la señal DTR proveniente del puerto serial del computador.

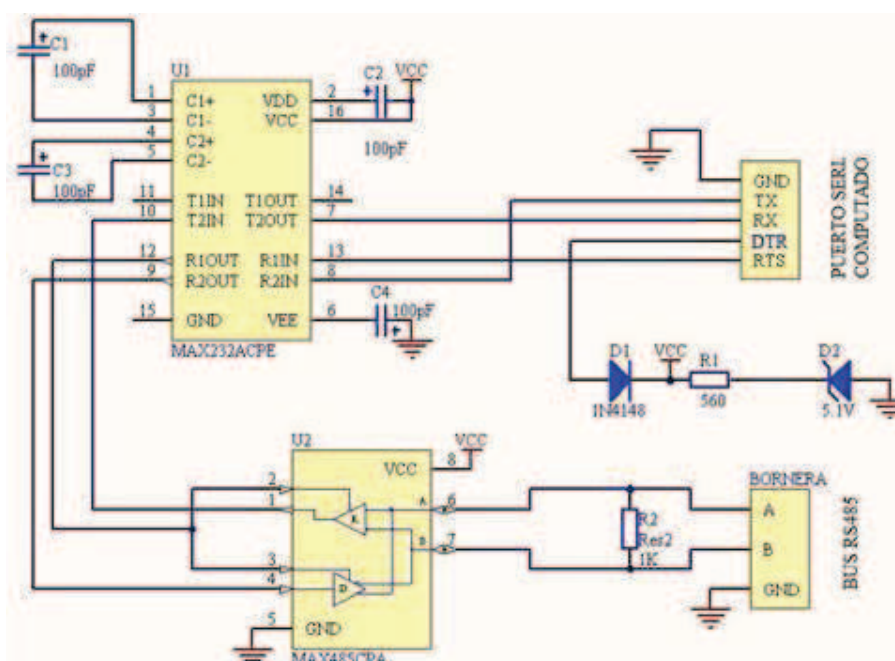


Figura 2.27 Interfaz RS485-RS232 y Convertidor RS-485 a RS-232

2.9 SALIDAS FÍSICAS

La etapa de salida es la encargada de controlar tres relés con bobina de $5V_{DC}$, cuando el set de horas o ciclos programados en el microcontrolado se haya alcanzado.

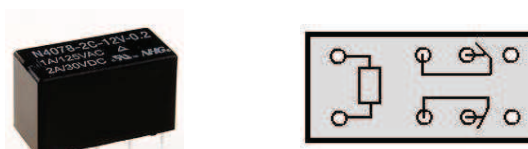


Figura 2.28 Distribución de pines del Relé de $5V_{DC}$

Se tiene un relé cuya bobina es de $5V_{DC}$, que se conecta directamente al pin de salida del microcontrolador, de forma que se active a nivel alto o a nivel bajo. Dentro las características del relé normal, se observa que la potencia que consume la bobina está en torno a los 200 mW. El problema es que la corriente necesaria para activar el relé sale o entra del o al microcontrolador. Si se utiliza un relé de $5V_{DC}$ y consume 200 mW, la corriente que pasa por él, y por el microprocesador es de 40 mA, mucho mayor que los 25 mA que dice el fabricante que soporta la entrada/salida.

Es por ello que para poder conectar un relé de bajo consumo se debe utilizar la siguiente configuración:

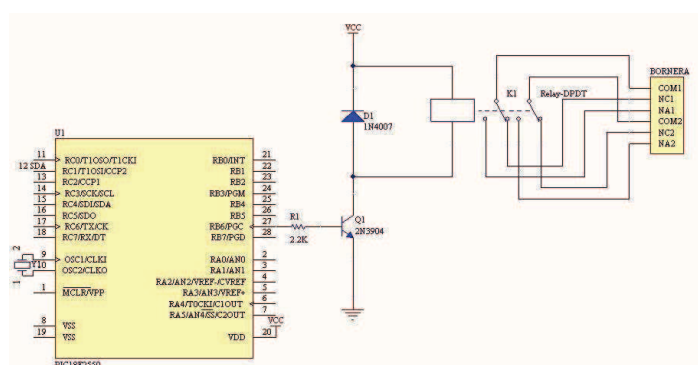


Figura 2.29 Salida del microcontrolador conectada a un Relé

La ventaja de esta configuración es que la corriente que atraviesa el relé no pasa por el microcontrolador. El funcionamiento es el siguiente: Cuando la salida está a 0L, no hay corriente de base, por lo que el transistor está cortado y no circula corriente por el relé. Cuando se coloca un 1L a la salida del microcontrolador, existe una corriente de base que hace que el relé se ponga en saturación, cayendo 0.2 V en la unión CE y el resto en el relé, activándolo.

Para calcular R_1 hay que tener en cuenta que el transistor deberá estar en saturación. La corriente que necesita el relé es de 40 mA, que será la corriente I_C (corriente a través del colector). Para que el transistor esté en saturación se debe cumplir que $I_C > \beta \cdot I_B$ (Corriente de base). La ganancia mínima β_{\min} obtenida de las hojas de características del transistor es 60 y la corriente que necesita el relé es de 40mA.

$40 \text{ mA} > 60 I_B$. Por lo que la corriente mínima que debe salir del microcontrolador es de 0.67mA. Para asegurar que se está saturado se asume una corriente igual a 2mA. Para calcular R_1 : La tensión en la salida del microcontrolador es 5 V y la V_{BE} de 0.8 V.

$$V_{\text{OUT PIC}} = I_B \cdot R_1 + V_{BE}$$

$$5V = 2\text{mA} \cdot R_1 + 0.8V$$

$$R_1 = \frac{5V - 0.8V}{2\text{mA}} = 2100\Omega \sim 2.2K\Omega$$

El diodo D_1 debe ponerse siempre en paralelo con la bobina del relé (para bobinas alimentadas con corriente continua). Este diodo se utiliza porque al pasar el transistor de saturación a corte hay un cambio muy brusco de la corriente que pasa por el colector y por la bobina, el cual genera una tensión muy elevada en sus bornes. El diodo permite que al cortar el transistor, la corriente que pasa por la bobina sigue circulando por el diodo, atenuándose de una forma no tan brusca.

2.10 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para garantizar el correcto funcionamiento del Horómetro y el Totalizador, se hace necesario que la fuente de alimentación entregue un voltaje regulado y puro. El microcontrolador, LCD, memoria EEPROM serial, MAX483, relés, módulo RTC, módulo BV4218 requieren de una fuente de 5V, para su funcionamiento.

En el mercado existe una gran variedad de fuentes rectificadas, que dependiendo de sus características se escogerá la que mejor se adapte al equipo.

La fuente rectificadora debe cumplir con ciertos requerimientos como son: tener un rango de entrada de $110V_{AC}$ a $240 V_{AC}$. Esto es porque los dispositivos serán conectados generalmente a $110 V_{AC}$, pero existen lugares como el tablero de control del puente grúa en donde solo se cuenta con un voltaje de 220V.

Se dispone de la fuente NES-75-24, su fabricante es MEAN WELL y cuyas características se describen a continuación:

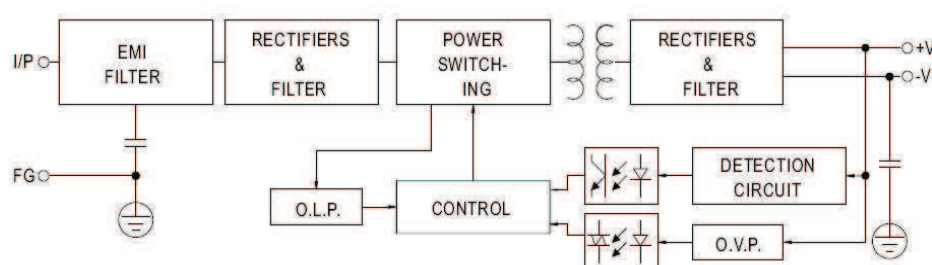
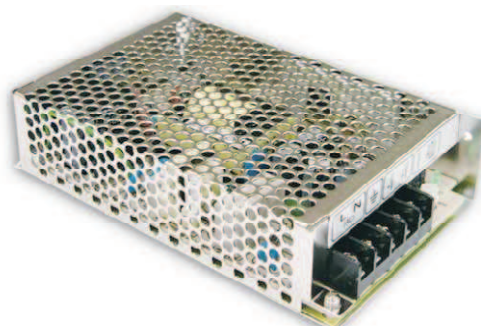


Figura 2.30 Fuente Rectificadora tipo NES-75-24 – Diagrama de Bloques

Esta fuente rectificadora tiene un rango de entrada de $85V_{AC}$ hasta $264V_{AC}$, con un rango de frecuencia de entrada de 47Hz a 63Hz. El voltaje rectificado y filtrado que entrega esta fuente es de $24V_{DC}$, y entrega una corriente igual a 3,2A. Mide 15cmx 10cm.

Para obtener la fuente de voltaje necesaria para los equipos se utilizará un regulador LM7812 y un LM7805.



Figura 2.31 Distribución de pines del regulador de voltaje LM7805CT y LM7812CT

Para el regulador LM7812CT tiene un rango de voltaje de entrada de 14.5V a 27V, maneja una corriente de 1,5A y un voltaje de salida de $12V \pm 4.1\%$. Para el regulador LM7805CT tiene un rango de voltaje de entrada de 7.5V a 20V, corriente de 2,1A y un voltaje de salida de $5V \pm 4\%$.

Ambos integrados tienen incorporados protecciones contra corto circuito y sobrecarga. Adicionalmente al circuito regulador se le agrega un fusible a la entrada de alimentación de voltaje de corriente continua como se indica en la siguiente figura:

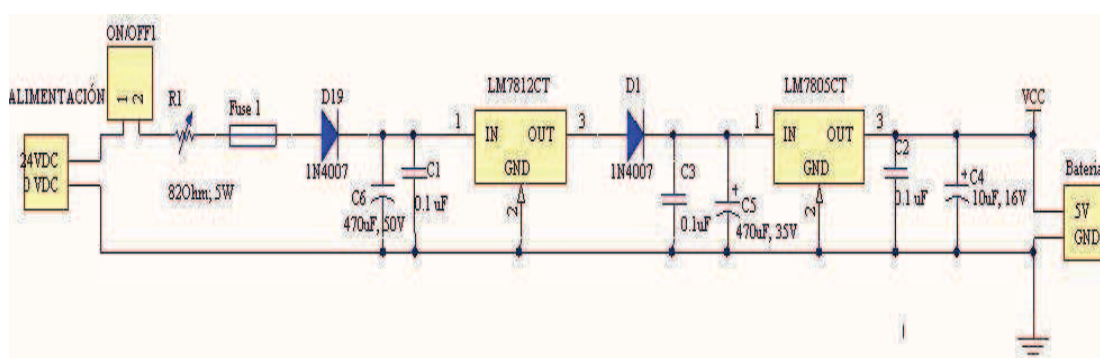


Figura 2.32 Fuente de Alimentación de 5V

A los reguladores se les añadió capacitores a la entrada y a la salida para corregir el rizado. Al circuito de alimentación se añadió a su entrada un diodo 1N4007 para evitar daños por causa de una conexión con polaridad inversa.

2.10.1 CARGADOR DE BATERÍA

En el caso de un corte de energía se hace necesaria la implementación de un circuito de emergencia o respaldo que permita guardar los datos almacenados en la memoria RAM del microcontrolador, estos son ciclos y horas totales y diarios, set de las tres alarmas, número de entradas, configuración para la transmisión de datos, entre otros.

Es por ello que se ha implementado un circuito que consta de una batería recargable NiMH de 8.4V y 170mAh y se encuentra conectada en paralelo al circuito de alimentación con el fin de entrar en funcionamiento cuando se suspenda la energía de la red.

Esta batería, por sus características, debe ser cargada con una corriente constante e igual al 10% de su capacidad (17mA), esto es para prevenir una subida excesiva de la misma en el momento inicial causada por el bajo voltaje. El tiempo ideal para cargar la batería se encuentra entre 14 y 16 horas, en base a la corriente aplicada. Todo esto para evitar reducir la vida útil de la batería.

Para conseguir una corriente constante de 17mA y limitada se lo hace en base a un regulador de voltaje LM317CT, que por su circuitería interna limita la corriente y protege contra sobrecargas.

Considerando que el cargador deberá tener un voltaje de entrada mayor al voltaje que entrega, se asume un voltaje de salida igual a 11V y un resistor R1 igual a 220Ω. Utilizando la ecuación que da el fabricante para el cálculo de resistores para un cargador con corriente limitada para una batería de 9V se tiene:

$$V_{OUT} = 1,25 \left(1 + \frac{R2}{R1} \right)$$

$$11V = 1,25 \left(1 + \frac{R2}{220} \right)$$

$$R2 = 220 \left(\frac{11V}{1,25} - 1 \right)$$

$$R2 = 1716 \Omega \approx 1.8K\Omega$$

Como se observa en el circuito anterior el transistor 2N3904 es utilizado para una desconexión automática al momento en que la batería se encuentre totalmente cargada. Además de añadió un diodo para evitar que la batería se descarga a través del integrado LM317AT. El circuito del cargador es el de la figura 2.34

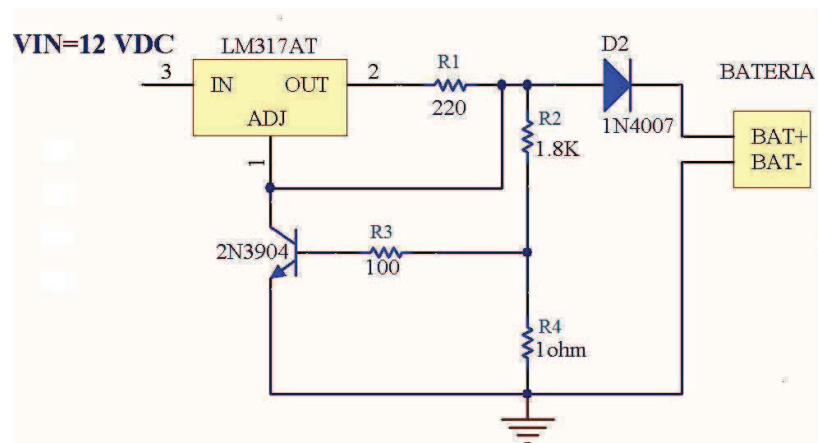


Figura 2.33 Circuito Integrado LM317CT como cargador de corriente limitada

2.11 CIRCUITO COMPLETO

Una vez que se ha detallado el diseño de cada una de las partes de Hardware, se procedió a realizar el esquemático con la ayuda de módulo PROTEL del programa DXP 2004, para el desarrollo de circuitos en placa. El esquemático se muestra en la figura 2.34

El ruteado se diseñó mediante en módulo PCB del mismo programa, éste permite colocar los elementos en una posición a convenir, definir grosor de línea de ruteado, hoyos, tamaño de la placa, número de rutas entre pines, entre otros.

Inicialmente el Horómetro contaba con una entrada y una salida, manejado por el PIC18F2525 y el Totalizador de Ciclos con tres entradas y tres salidas era manejado por un PIC18F4550, un microcontrolador de 40 pines pero gracias a la utilización del módulo BV4218 que permitió optimizar los recursos del microcontrolador, se pudo lograr que el hardware de los dos equipos se iguales, satisfaciendo así una de los requerimientos de la empresa e incrementando funcionalidades al Horómetro.

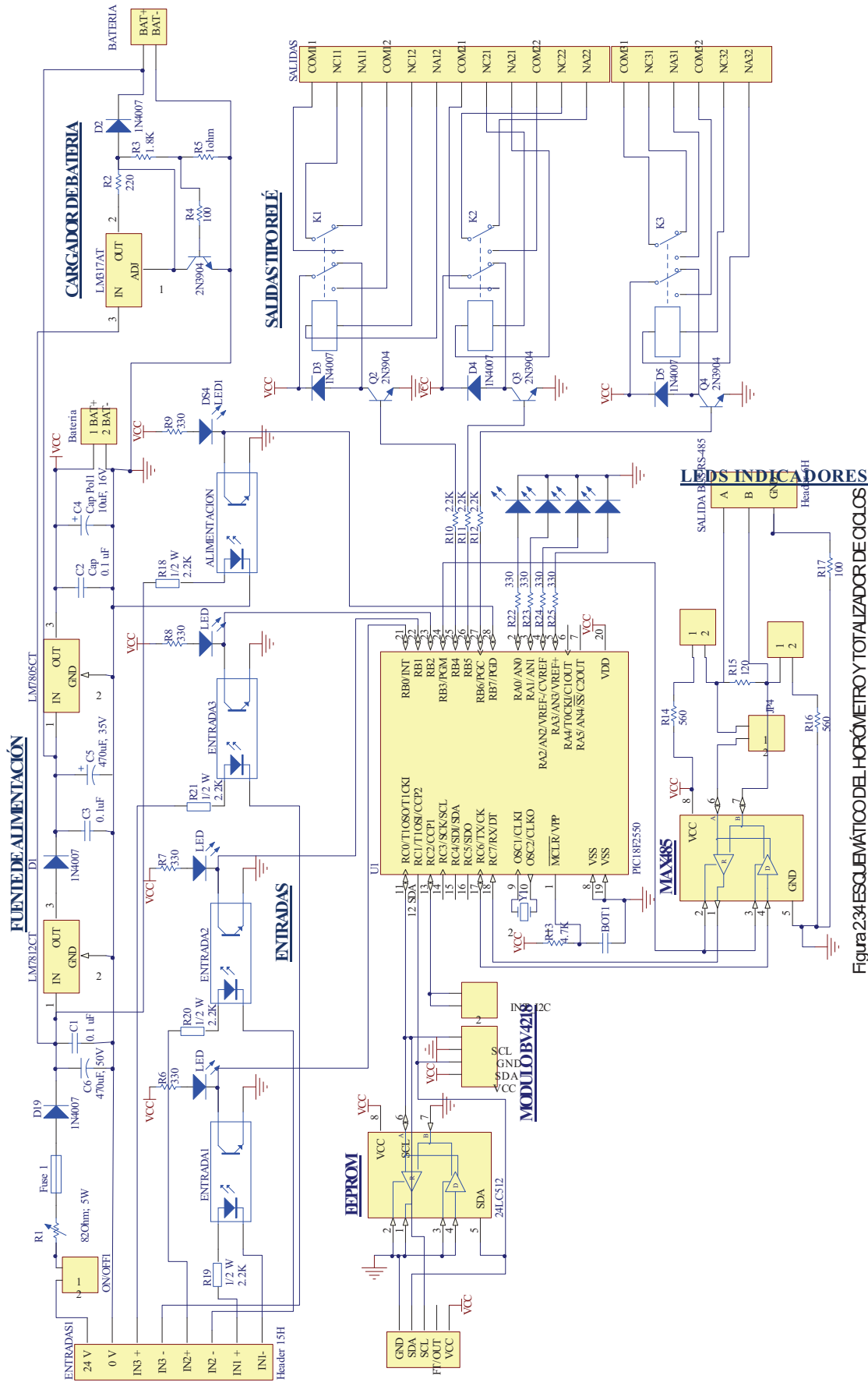


Figura 2.34 ESQUEMÁTICO DEL HORÓMETRO Y TOTALIZADOR DE CICLOS

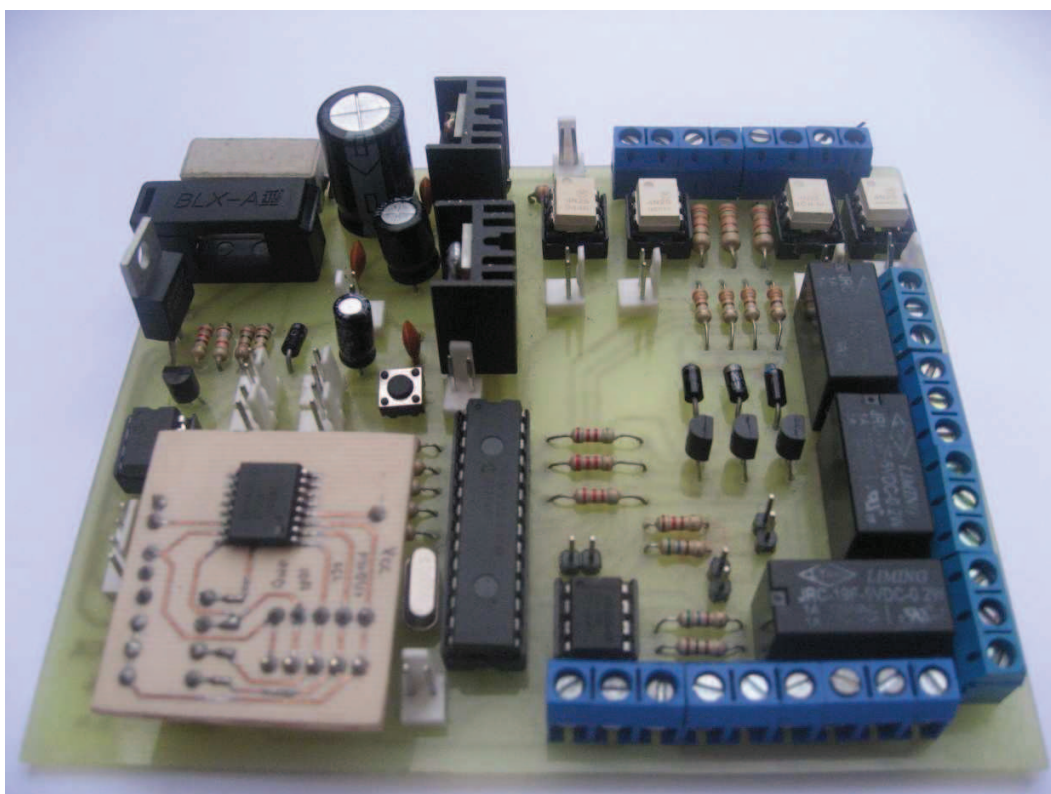


Figura 2.35 Tarjeta Electrónica del Horómetro y el Totalizador de Ciclos

3 DESARROLLO DEL SOFTWARE

El hardware del Horómetro y del Totalizador de Ciclos es incapaz de actuar por sí solo. Es por ello que en este capítulo se describe el diseño del software utilizado, el mismo que permite al microcontrolador gobernar los periféricos con el objetivo de cumplir todas las funciones requeridas por el personal de mantenimiento.

El administrador de los recursos de los dispositivos es el microcontrolador PIC18F2525, que está programado para procesar los datos de las señales de entrada de corriente continua, mostrar la variable a contar, horas para el Horómetro y ciclos para el Totalizador, y funciones especiales, así como también dispone del envío de datos de las variables al computador a través de la comunicación serial.

El computador tiene una interfaz gráfica que permite recopilar la información de los dispositivos, configurar los parámetros de comunicación, visualizar datos y exportarlos a una hoja de Excel o en un archivo .csv (del inglés *comma-separated values*), éste último para evitar la dependencia de alguna versión en particular.

La programación está desarrollada íntegramente en lenguaje Basic, tanto para el computador como para el microcontrolador.

3.1 PROGRAMA PARA EL MICROCONTROLADOR

Las funciones principales del microcontrolador son: adquirir, visualizar datos y realizar la comunicación con el computador. Para realizar estas funciones, se desarrolló un programa en el compilador PICBasic Pro versión 2.47.

El PICBasic Pro permite crear programas para cualquier de los microcontrolador PICmicro[®] y trabaja con la mayoría de los programadores PICmicro[®] y con el programador PICKit2. Cuenta con comandos para el manejo de integrados I2C, comunicación serial, reloj en tiempo real, entre otros. La compilación es en lenguaje de máquina y al tener el PIC18F2525 alta velocidad de ejecución de instrucciones, no se tiene ningún problema al programar en lenguaje de alto nivel.

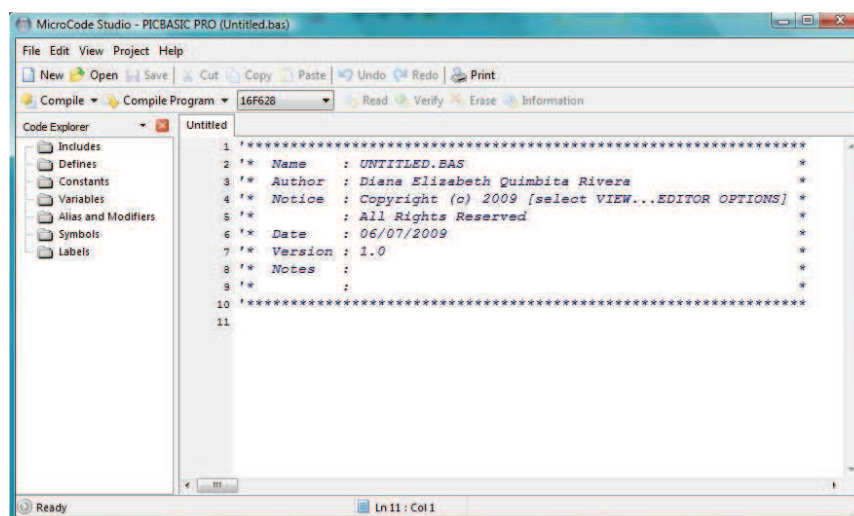


Figura 1. Ventana del Compilador PICBasic Pro versión 2.47.

El microcontrolador requiere ser configurado de acuerdo con los pines y recursos a utilizar, para el caso son pines utilizados para la comunicación serial, las entradas, las salidas y el bus I2C al que se conectarán el módulo BV4218 que maneja el LCD y el teclado, la memoria serial EEPROM, y el reloj en tiempo real RTC.

El comando ingresado por el operario a través del teclado matricial determina la función que deberá desarrollar el microcontrolador.

Las funciones o tareas que debe realizar el microcontrolador son las siguientes:

- * Contar los eventos (horas o ciclos)
- * Leer el teclado
- * Visualizar información en el LCD
- * Descargar datos al computador
- * Configurar alarmas, entradas, RTC, velocidad de comunicación, dirección del dispositivo.
- * Reset de contadores.

Para la programación, estas funciones se diseñaron como subrutinas que se ejecutan dependiendo de lo que el operario haya solicitado. La función principal del

horómetro y el totalizador es mostrar las horas de funcionamiento y los ciclos de trabajo, respectivamente.

El programa principal cuenta con las siguientes subrutinas:

1. *Configuración de Recursos del Microcontrolador.* Incluye la configuración de pines para los periféricos como módulo BV4218, RTC, memorial serial, teclado, entradas y salidas.
2. *Visualización.* Esta subrutina permite visualizar en la pantalla del LCD:
 - * El número total de la variable que se han registrado desde el momento en que se puso en marcha por primera vez el dispositivo de determinada entrada.
 - * El número total mensual la variable. Para ello el operario ingresará, a través de un comando, la entrada y mes que desea visualizar.
 - * Valores configurados para la comunicación como velocidad y dirección del dispositivo esclavo.
 - * Valores configurados para las alarmas.
 - * Estado y número de las entradas habilitadas.
 - * Estado de alimentación de red.
 - * Lectura de RTC.
3. *Contar Variable.* Esta subrutina es la esencia del dispositivo e incluye el tratamiento de los datos obtenidos de los pines entrada para señal continua. Ya que el horómetro es conectado a los motores de las casetas o stand del tren de laminación, estos registran el número de horas que el motor ha estado funcionando, mientras que los totalizadores conectados a la cizalla, al puente grúa y a la mesa de enfriamiento, registran el número de cortes, cierre/apertura de contactores y movimiento, respectivamente.
4. *Configuración de Entradas.* En esta subrutina se programa el número de entradas que estarán habilitadas, es decir, si se selecciona dos entradas, se habilitarán la

entrada uno, la entrada dos y se deshabilitará la entrada tres. En cualquier momento se puede habilitar o deshabilitar cualquiera de las entradas.

5. *Configuración de Alarmas.* Esta subrutina permite ingresar un valor que será comparado con el valor del contador interno. Cuando se cumpla la condición del valor configurado se activará un relé de salida. El dispositivo dispone de tres entradas con una salida tipo relés cada una.
6. *Configurar Velocidad.* Se puede programar tres diferentes velocidades para establecer la comunicación con el computador. Estas son 1200, 2400 y 9600 baudios.
7. *Configurar Dirección del Esclavo.* Con esta subrutina se puede ingresar la dirección del dispositivo cuando se encuentra conectado a un bus de comunicaciones RS-485.
8. *Configurar hora y fecha.* La subrutina permite modificar la fecha y hora del RTC. Esta información se utilizará para el respaldo de datos que se realiza cada día a las 24h00.
9. *Reset.* Esta subrutina permite poner a cero los contadores ya sea en forma total y/o parcial (registro de un día) de horas o ciclos.

Debido a que estos dispositivos se encuentran en el campo y por ende son susceptibles de manipulación, en esta aplicación es importante que la información almacenada en la memoria EEPROM serial y del PIC no sea alterada, es por ello que las subrutinas de configuración requieren del ingreso de una contraseña por parte del operario o usuario, la misma que puede ser ingresada hasta por tres veces de forma incorrecta, después el programa bloquea el teclado, la visualización de las variables y toda subrutina hasta que se ingrese una secuencia de teclas que se encuentran

almacenadas en la memoria EEPROM del microcontrolador. En la siguiente figura se indica el diagrama de flujo del programa principal.

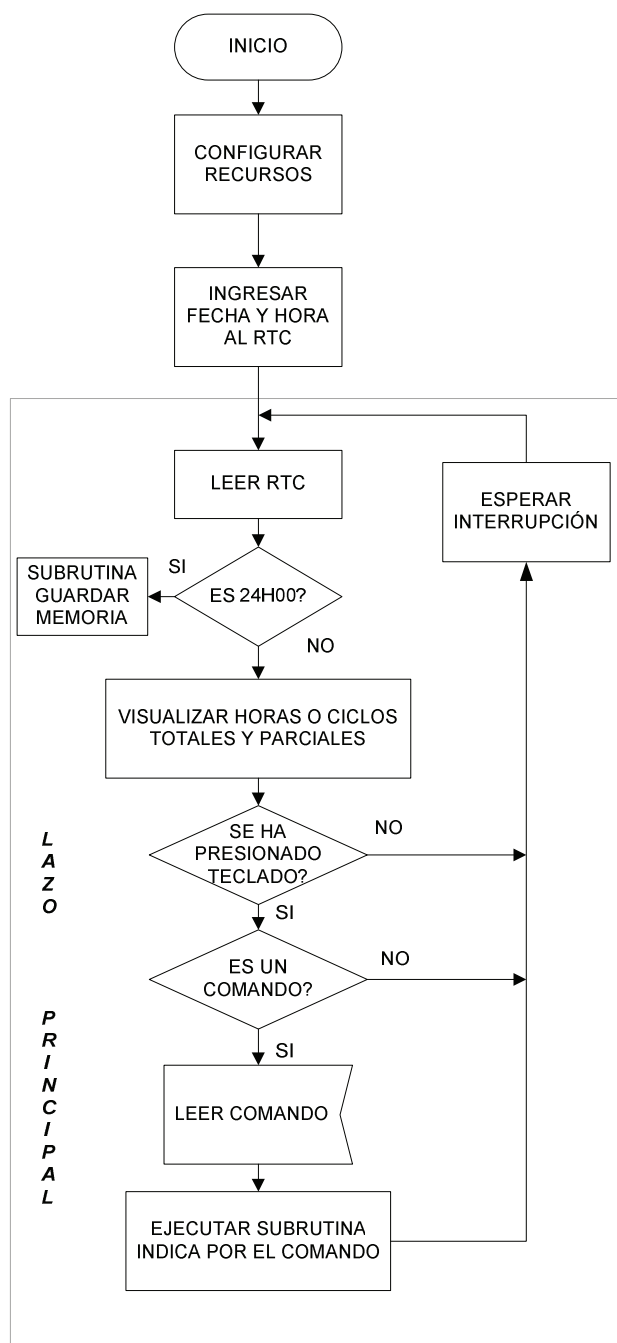


Figura 3.2 Diagrama de Flujo del Programa Principal

Como se aprecia en el diagrama de flujo anterior, el programa principal tiene dos subprogramas que se ejecutan una sola vez cuando el equipo ha sido encendido por primera vez, esto es la configuración del microcontrolador y el ingreso de la fecha y hora en el reloj. Luego el programa se encierra en un lazo infinito en donde toma información del RTC, visualiza la información correspondiente, horas o ciclos y luego lee la bandera del teclado para ver si el operario ha ingresado o no algún comando: si el comando ingresado es correcto, se va a la subrutina correspondiente, después de la cual se vuelve a leer el RTC.

Este lazo se va ejecutando en forma infinita hasta que se ejecuta una llamada de interrupción. Las actividades que generan interrupción son la recepción de datos por el pin RC7-Rx, las señales de entrada registradas en los pines RB0, RB1 y RB2. Después de realizar la subrutina dentro de la interrupción se retorna al lazo principal.

3.1.1 CONFIGURACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

El programa principal se encarga de configurar el PIC para que maneje los periféricos como el LCD, el RTC, el teclado y la memoria serial, luego permite ajustar la hora y fecha del RTC. Los parámetros que deben configurarse para el microcontrolador son la velocidad que está dada por un oscilador externo de 4MHz., y la asignación de pines para las entradas, las salidas tipo relé, la comunicación I2C y comunicación serial.

Las pines asignados a las señales de entrada, alimentación externa y recepción son manejados a través de interrupciones, con la misma prioridad.

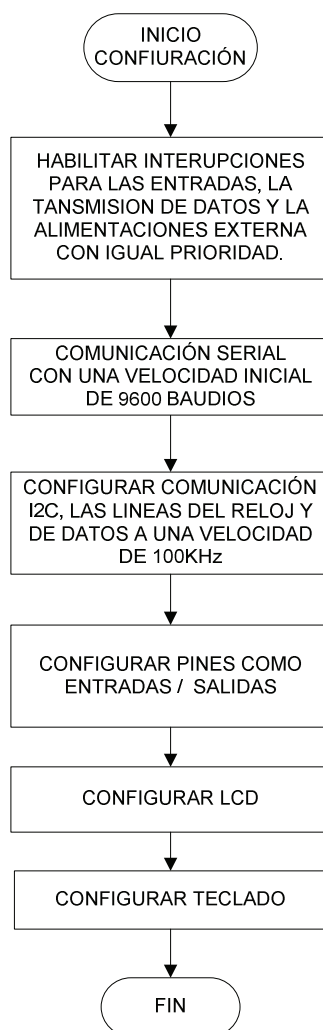


Figura 3.3 Diagrama de Flujo de la Configuración del microcontrolado

3.1.1.1 Configuración de la Comunicación Serial

La comunicación que se establece entre el computador y el totalizador o el horómetro permite realizar la adquisición de datos almacenados en su memoria serial, con el fin de poder procesarlos y obtener la información necesaria en el mantenimiento de ciertas partes de las maquinarias a las que están implementados.

El microcontrolador envía los datos en forma serial a niveles de voltaje TTL, el operario tiene la opción de seleccionar la interfaz con la que va a trabajar, esto es

TTL a RS-232 y cuando el dispositivo esté conectado a un bus RS-485 se dispone de una interfaz RS-485 a RS-232. El programa en el microcontrolador tiene la capacidad de manejar los dos tipos de interfaces.

La comunicación del microcontrolador con el computador es de tipo half -dúplex, gracias a que el microcontrolador posee un módulo EUSART (*Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*), el cual se configura en modo asíncrono. El operario a través de los comandos puede seleccionar la velocidad con la que desee realizar la transmisión de datos, esto de 1200, 2400 y 9600 baudios con un formato de datos de ocho bits, sin paridad y un bit de parada.

La frecuencia de reloj y la velocidad de transmisión son usadas para calcular el SPBRGH (Byte más significativo del registro generador de tasa de velocidad del módulo EUSART) y el SPBRG (Byte menos significativo). El valor que se cargue en estos registros determinará los baudios en la transmisión y recepción. El bit SPBR16 se puso igual a cero para poder enviar datos de 8bits, esto hace que el valor SPBRH sea ignorado. Para el cálculo de SPBRG y una frecuencia de 4MHz se tiene:

$$\text{VELOCIDAD}_{\text{DESEADA}} = \frac{F_{\text{OSCILADOR}}}{16[(\text{SPBRGH}:\text{SPBRG})+1]}$$

Para una velocidad de 1200:

$$\text{SPBRG} = \frac{1}{16} \left(\frac{4\text{MHz}}{1200} \right) - 1$$

$$\text{SPBRG} = 207,333 \approx 207$$

Para una velocidad de 2400:

$$\text{SPBRG} = 103.16 \approx 103$$

Para una velocidad de 9600:

$$\text{SPBRG} = 25.04 \approx 25$$

La configuración del EUSART se realiza en los registros TXSTAT, RXSTAT y BAUDCON. El proceso de inicialización del USART se muestra en el diagrama de flujo de la figura 3.4

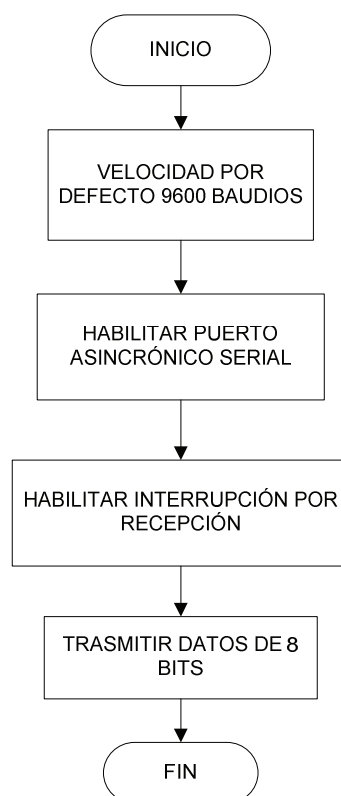


Figura 3.4 Proceso de inicialización del EUSART

Cuando el computador establece comunicación con el microcontrolador, se genera la interrupción por recepción. Dentro de esta subrutina el microcontrolador envía su dirección y una vez recibida la orden de adquisición de datos, el microcontrolador lee la memoria serial y envía por trama los datos almacenados.

3.1.1.2 Configuración de la Comunicación I2C

El microcontrolador PIC18F2525 tiene un módulo MSSP (*Master Synchronous Serial Port Module*), Módulo de Puerto Serial Sincrónico Maestro, que es usado para la comunicación con los periféricos del microcontrolador, estos son la memoria serial

EEPROM 24LC512, el módulo BV4218 para el control del LCD y teclado y el RTC y el reloj en tiempo real.

La interfaz I2C es un bus serial sincrónico de dos hilos. Uno para la señal de reloj SCL y otro para la entrada/salida de datos. Es un bus muy usado en la industria, principalmente para comunicar microcontroladores y sus periféricos en sistemas integrados, para comunicar circuitos integrados entre sí que normalmente residen en un mismo circuito impreso.

La velocidad es de 100Kbits por segundo en el modo estándar y 400Kbits por segundo en el modo de alta velocidad. Éstas se configuran mediante el registro SSPADD, con la siguiente fórmula:

$$\text{VELOCIDAD}_{\text{RELOJ}} = \frac{\text{FRECUENCIA}_{\text{OSC}}}{4 * (\text{SSPADD} + 1)}$$

Para la frecuencia de 4MHz y una velocidad de reloj en modo estándar igual a 100KHz, el valor que debe cargarse al registro SSPADD es 9.

3.1.2 CONFIGURACIÓN MÓDULO BV4218

Este módulo tiene 16 pines a lo largo del borde superior utilizados para conectar y controlar un LCD de 16 caracteres por 2 líneas utilizado para la visualización de información y ocho pines en el borde inferior para un teclado matricial de 4 columnas por 3 filas para el ingreso de comandos al microcontrolador. Este módulo puede tener conectado el teclado, el LCD o los dos y manejarlos utilizando una interfaz I2C, cuyos comandos trabaja con los dos siguientes formatos:

Escritura sobre el módulo: <S-Addr><Comando><Datos><Stop>

Lectura del módulo: <S-Addr><Comando><RS-Addr><Datos [NACK]><Stop>

En donde <S-Addr> es el bit de inicio seguido de la dirección del dispositivo (0x42). <Comando> es uno de los comandos que se da en las tablas, indica las función que

debe realizar el LCD y la forma de leer el teclado. <Datos> es uno o más bytes de información que envía o recibe el módulo. <Stop> es la condición de parada. <RS-Addr> es la dirección del dispositivo más uno (0x43).

3.1.2.1 Configuración y comandos del LCD

El módulo BV4218 al ser energizado inicializa directamente al LCD. Los comandos utilizados manejan directamente al circuito integrado estándar, típicamente HD44780 o SPLC780D permitiendo un control simple de la pantalla del LCD. Es este caso el módulo inicializa y configura de forma automática al LCD de 16x2 y un bus de datos en 4 bits.

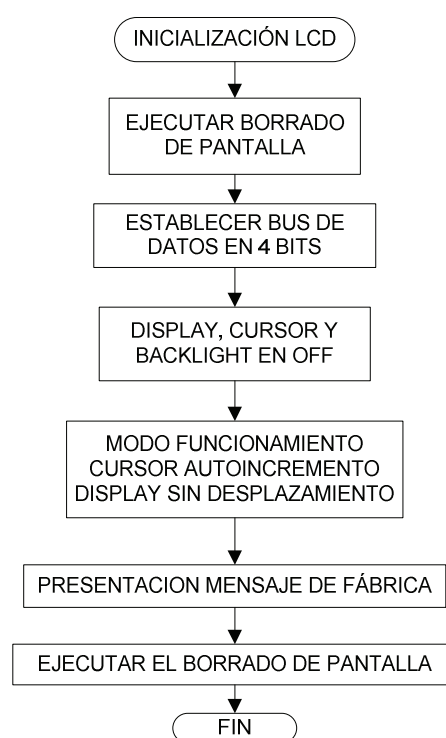


Figura 3.5 Inicialización del LCD

Una vez inicializado el LCD puede configurarse para adaptarse a las necesidades de la aplicación, siguiendo el diagrama de flujo de la figura 3.6

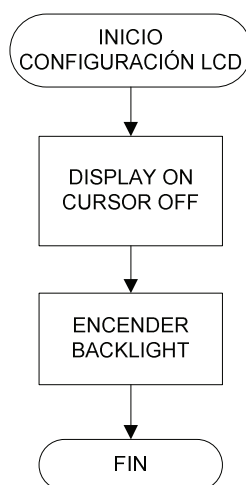


Figura 3.6 Configuración del LCD

Para el manejo del LCD existen dos entradas, una para controlar cómo debe trabajar el LCD y la otra para escribir caracteres sobre la pantalla. Los comandos que permiten trabajar con el LCD se muestran en la siguiente tabla:

Comandos BV4218 para el LCD	
1	Envía directamente al LCD un comando, como por ejemplo: limpiar la pantalla (1), encender el cursor (0x0e), apagar el cursor (0x0c), parpadear el cursor mientras visualizan los caracteres (0x0F), mover el cursor hacia la derecha (4).
2	Este comando envía datos que serán visualizados en el display.
3	Con este comando seguido de un 0 se puede encender la luz posterior del LCD y si es seguido de un 1 la luz posterior se apagará.
4	Permite visualizar un cadena de caracteres almacenados en la memoria EEPROM del módulo
5	Este comando seguido de un 1 habilita la pantalla para poder visualizar los caracteres. Si se envía un 0 la pantalla queda deshabilitada.
6	Retorna la dirección en donde se encuentra almacenado un mensaje que puede ser modificado como mensaje al inicializarse el LCD.

Tabla 3.1 Comando para el manejo del LCD

Si por ejemplo se desea encender la luz posterior, borrar la pantalla y escribir “Fred” sobre el LCD, se envía a través de la interfaz I2C las siguientes tramas:

<Start><0x42><3><0><Stop> enciende la luz posterior
 <Start><0x42><1><1><Stop> limpia la pantalla
 <Start><0x42><2><0x46 0x72 0x65 0x64><Stop> imprime *Fred*

Con la información anterior se maneja al LCD con el propósito de visualizar las variables que contienen los datos como son ciclos y horas en forma total y diaria, así como las subrutinas de configuración.

3.1.2.2 Configuración y comandos del Teclado

El teclado matricial es un arreglo pulsadores conectados en filas y columnas, de modo que se pueda leer el estado lógico de varios pulsadores con el uso mínimo de líneas. El teclado matricial 4x3 tiene cuatro filas y tres columnas y utiliza 7 líneas que son conectados directamente a la borde inferior del módulo BV4218. Los comandos utilizados en el manejo de teclado se muestran a continuación:

COMANDOS BV4218 PARA EL TECLADO		
0x10	Key Query	Retorna un byte con el número de teclas que han sido presionadas. Cada vez que se presiona una tecla un contador del buffer se incrementa en uno (hasta 16).
0x11	Get Key	Este comando retorna el valor de la tecla que se ha presionado y reduce el contador de buffer.
0x12	Key map Start	Devuelve la dirección asignada a las teclas, esto permite asignar un valor diferente a determinada tecla.
0x13	Key Down	Indica con un 1 si una tecla esta actualmente presionada mientras que un 0 indica que no se está presionando ninguna tecla.
0x14	Key Query	Emitiendo esta orden se vaciará el buffer del teclado y se podrá a 0 el contador

Tabla 3.2 Comando para Teclado

Para realizar la lectura del teclado por la interfaz I2C se utiliza el mismo formato indicado para LCD.

La rutina de configuración solo se ejecutará la primera vez que se utilizase el teclado con el módulo BV4218. Esta subrutina se aplica con el propósito de almacenar el valor de la tecla en la dirección de memoria correspondiente. Ya que puede darse el caso que al presionar, por ejemplo la tecla uno, el valor obtenido con el comando *Get Key* sea cinco, para esto la subrutina permite almacenar el valor de uno en la dirección de la memoria que almacena el cinco. Así al presionar la tecla uno, retorna el valor uno.

El comando que devuelve la dirección de la memoria es *Get Key Map* 0x12. Con esta dirección se escribe sobre la memoria EEPROM del módulo el valor de la tecla presionada.

El diagrama de flujo que indica la forma en que se configura el teclado con el módulo BV4218 se indica en la figura 3.7.

El teclado es utilizado para ingresar por parte del operario datos para las subrutinas de configuración, contraseña, entre otros.

Si se desea dar un valor diferente a las teclas del teclado se puede utilizar una función que tiene incorporado el módulo, ésta permite volver a los valores de fábrica, la función se llama *Reset del Hardware*, para ello se debe desenergizar el módulo, luego conectar el pin *hw* (pin 7 del los pines para el teclado) a tierra, luego se debe encender por un mínimo de 100ms. Se desconecta el módulo y se remueve la conexión a tierra.

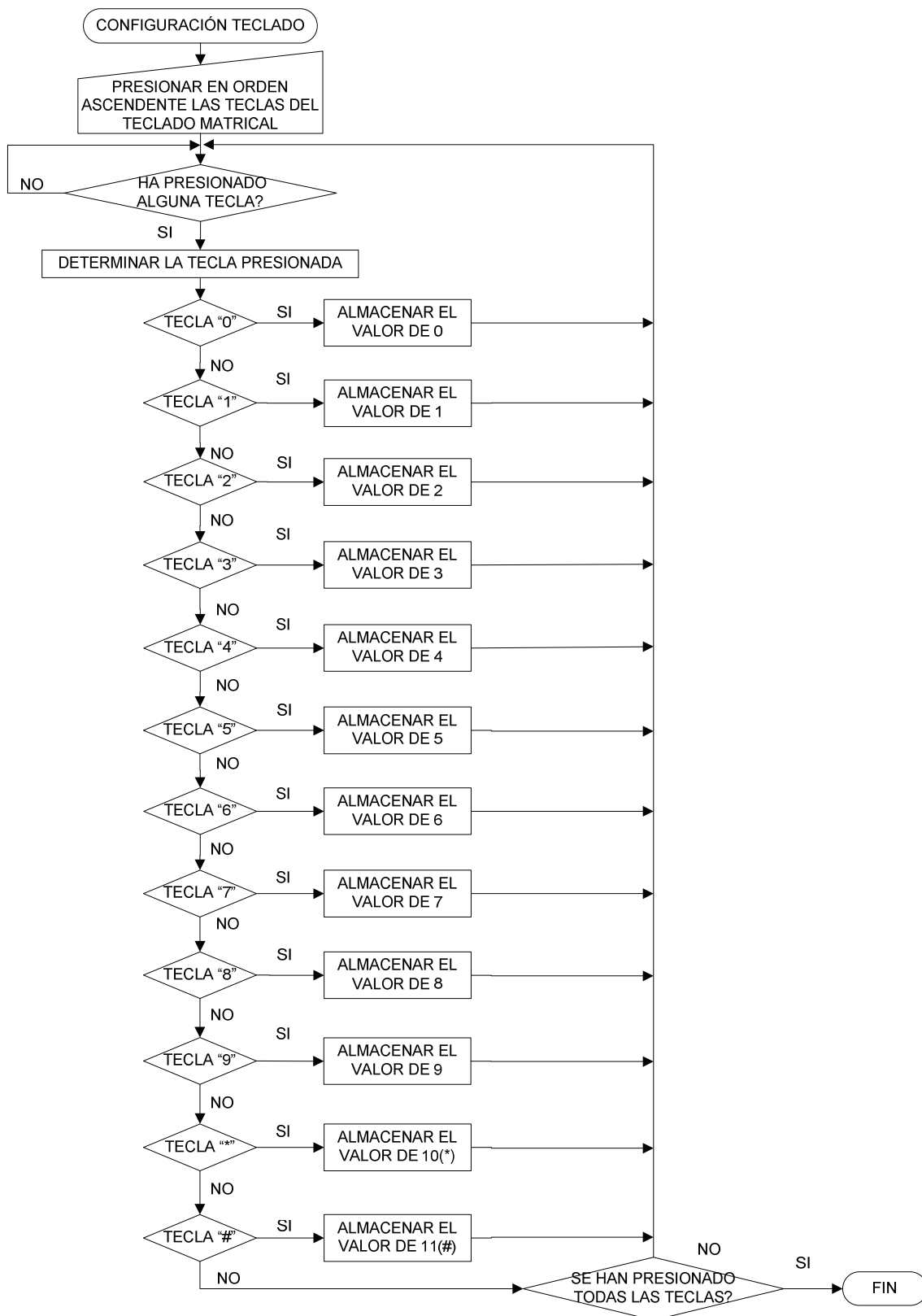
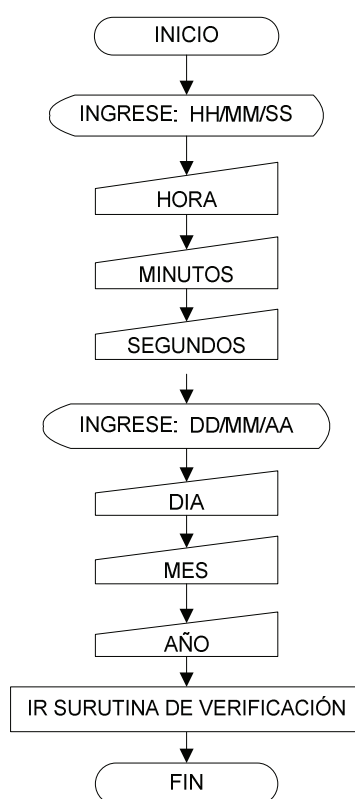


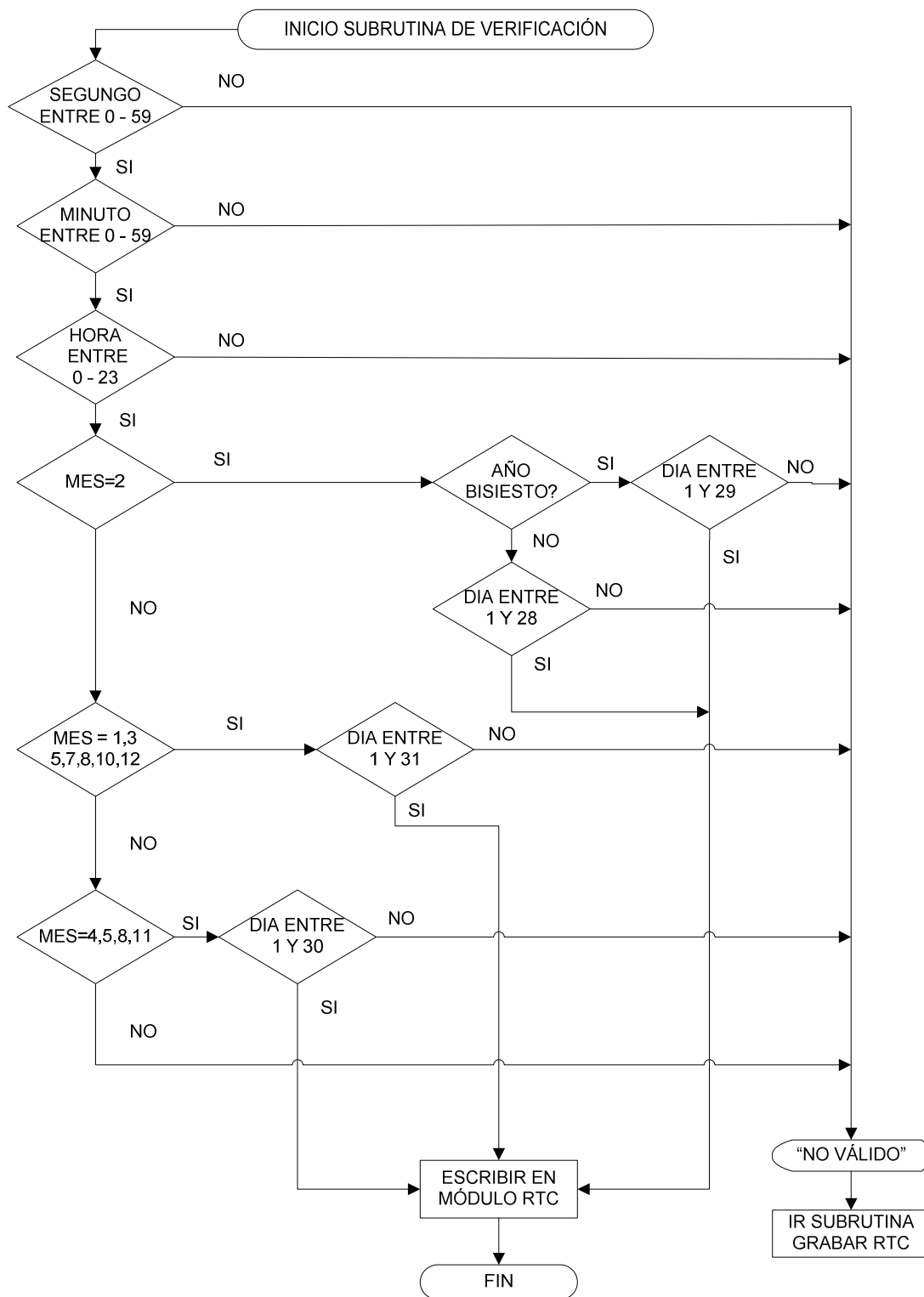
Figura 3.7 Configuración del teclado**3.1.3 SUBROUTINA PARA GRABAR EL RTC**

La primera acción después de energizar al Horómetro y/o Totalizador es ingresar la fecha y la hora al módulo RTC, que es la información en base a la cual se realizarán acciones como guardar información en la memoria serial EEPROM y contar horas, entre otras.

Esta subrutina permite tener una interfaz visual entre el dispositivo y el operario, quien ingresa la fecha y hora a ser almacenados en el módulo RTC. Al finalizar esta operación se salta a la subrutina de verificación en donde se comprueba que la hora y fecha ingresada sean correcta para luego ser grabadas en el módulo del reloj, caso contrario se pide la corrección de esta información, regresando a la subrutina para ingresar los datos. El diagrama de flujo de estas subrutinas se indica a continuación:



3.8 Diagrama de flujo Subrutina Grabar RTC



3.9 Diagrama de flujo Subrutina Verificación

3.1.3 SUBROUTINA PARA LEER COMANDO

Esta subrutina sirve para conocer el comando, la cantidad asignada a las alarmas o la clave que ingrese el operario a través del teclado. Para ello se dispone de un pin de salida digital del módulo BV4218, que mediante un cero lógico indica que alguna tecla ha sido presionada.

El algoritmo de lectura de comando de detalla a continuación:

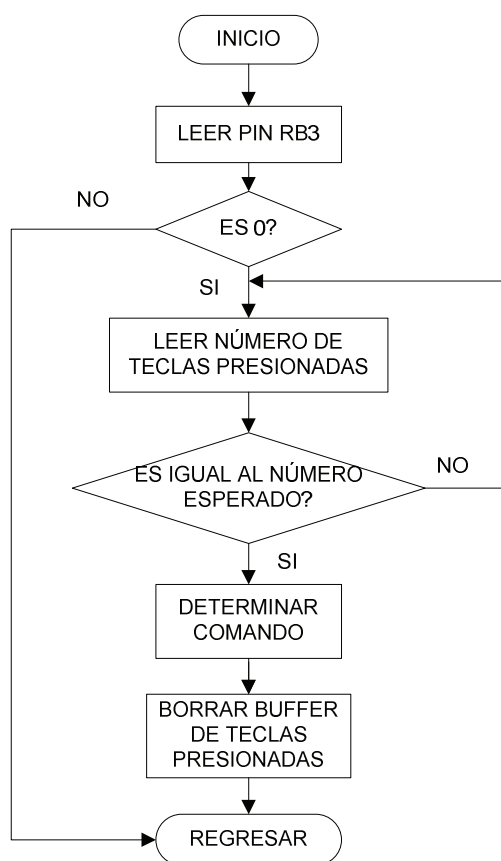


Figura 3.10 Subrutina de lectura de comando ingresado por teclado

3.1.4 SUBROUTINA MENÚ

La subrutina para leer comando entrega un valor como comando a la subrutina “Menú”, la cual verifica si dicho comando existe para ejecutar la acción indicada, caso contrario retorna al lazo principal.

Esta subrutina es la interfaz entre el microcontrolador y el operario, mediante la cual se puede configurar valores para las alarmas, la comunicación serial, la visualización de horas o ciclos almacenados, lectura y modificación de hora y fecha del RTC, entre otras funciones que se detallan en la siguiente tabla:

COMANDO	DESCRIPCIÓN
101	Visualizar las horas o ciclos totales correspondientes a la entrada 1.
102	Visualizar las horas o ciclos totales correspondientes a la entrada 2.
103	Visualizar las horas o ciclos totales correspondientes a la entrada 3.
104	Visualizar las horas o ciclos mensuales correspondiente a la entrada 1
105	Visualizar las horas o ciclos mensuales correspondiente a la entrada 2
106	Visualizar las horas o ciclos mensuales correspondiente a la entrada 3
107	Monitor entrada 1.
108	Monitor entrada 2.
109	Monitor entrada 3.
110	Visualizar valor configurado para la dirección ID del esclavo.
111	Visualizar valor configurado para la velocidad de transmisión de datos.
112	Visualizar valor configurado para alarma de la entrada 1 y su estado.
113	Visualizar valor configurado para alarma de la entrada 2 y su estado.
114	Visualizar valor configurado para alarma de la entrada 3 y su estado.
115	Visualizar si existe o no alimentación externa.
116	Visualizar estado de la entrada 1.
117	Visualizar estado de la entrada 2.
118	Visualizar estado de la entrada 3.
119	Visualizar número de entradas que están registrando los eventos.

3.3 Tabla de comandos dentro de la Subrutina “MENÚ”

COMANDO	DESCRIPCIÓN
120	Visualizar hora y fecha del RTC.
121	Visualizar últimos datos almacenados en la memoria EEPROM serial.
200	Descargar toda la información almacenada en la memoria serial.
201	Configurar una entrada para registrar eventos.
202	Configurar dos entradas para registrar eventos.
203	Configurar tres entradas para registrar eventos.
204	Configurar valor para la alarma correspondiente a la entrada 1.
205	Configurar valor para la alarma correspondiente a la entrada 2.
206	Configurar valor para la alarma correspondiente a la entrada 3.
207	Habilitar entrada 1.
208	Deshabilitar entrada 1.
209	Habilitar entrada 2.
210	Deshabilitar entrada 1.
211	Habilitar entrada 3.
212	Deshabilitar entrada 1.
213	Configurar dirección ID para el esclavo. Utilizada en el bus RS-485.
214	Configurar la velocidad de transmisión a 9600 baudios.
215	Configurar la velocidad de transmisión a 2400 baudios.
216	Configurar la velocidad de transmisión a 1200 baudios.
217	Configurar nuevos valores de hora y fecha para el RTC.
218	Resetear contador diario correspondiente a la entrada 1.
219	Resetear contador diario correspondiente a la entrada 2.
220	Resetear contador diario correspondiente a la entrada 3.
221	Resetear contador total correspondiente a la entrada 1.
222	Resetear contador total correspondiente a la entrada 2.
223	Resetear contador total correspondiente a la entrada 3.

3.3 Tabla de comandos dentro de la Subrutina “MENÚ” - Continuación

Estos comandos están asociados en dos grupos, el primero corresponde a aquellos que permiten la visualización de información almacenada en el microcontrolador, mientras que el segundo permite configurar dichos valores, pero para poder ejecutar cambios se requiere del ingreso de una contraseña que admiten hasta tres intentos fallidos, después como protección se bloquea el teclado hasta que el operario presione una secuencia de teclas almacenada en la memoria EEPROM del microcontrolador.

El diagrama de flujo que representa el algoritmo de la subrutina “MENÚ”, se presente a continuación:

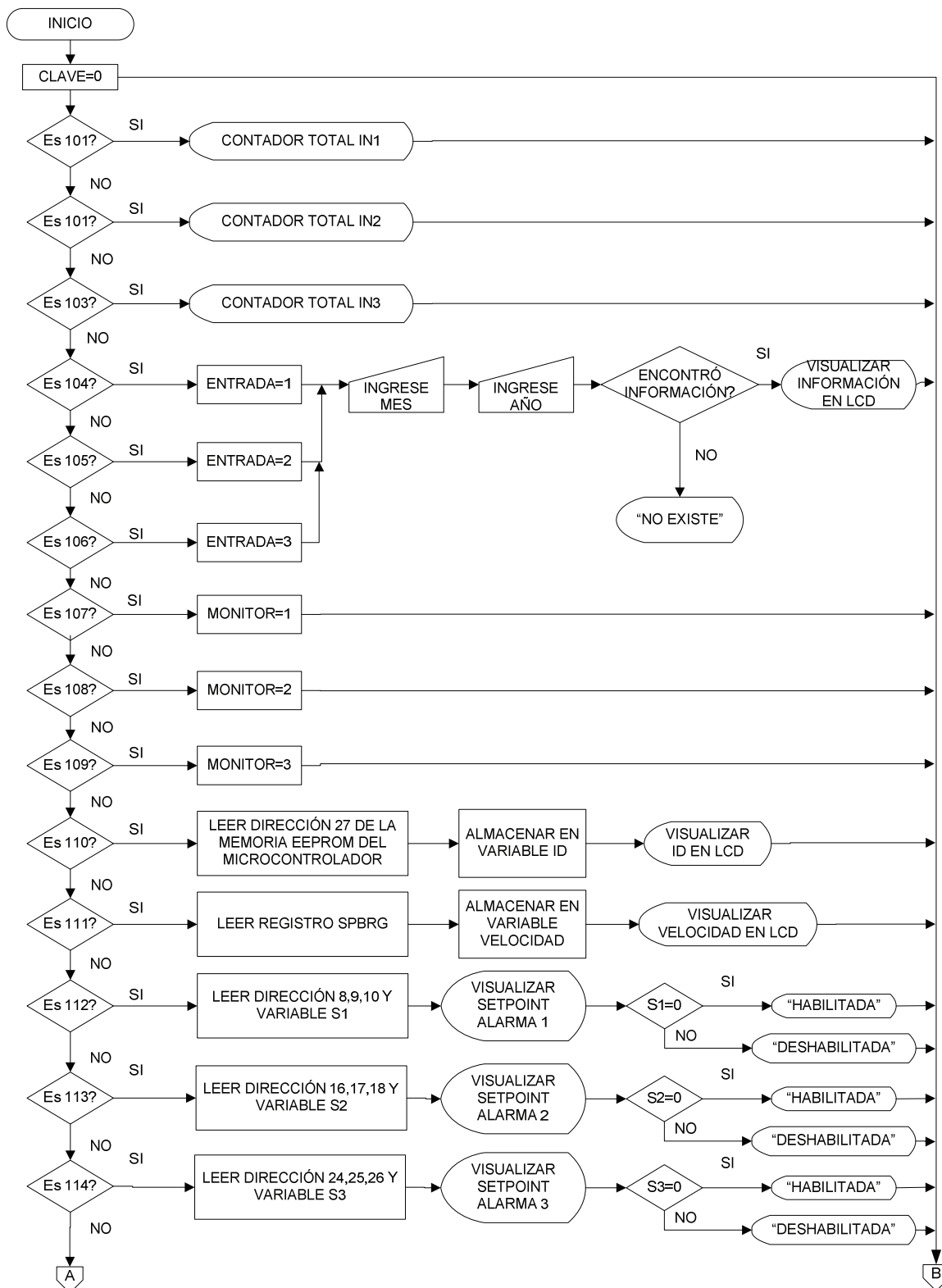


Figura 3.11 Diagrama de Flujo de la subrutina “MENÚ”

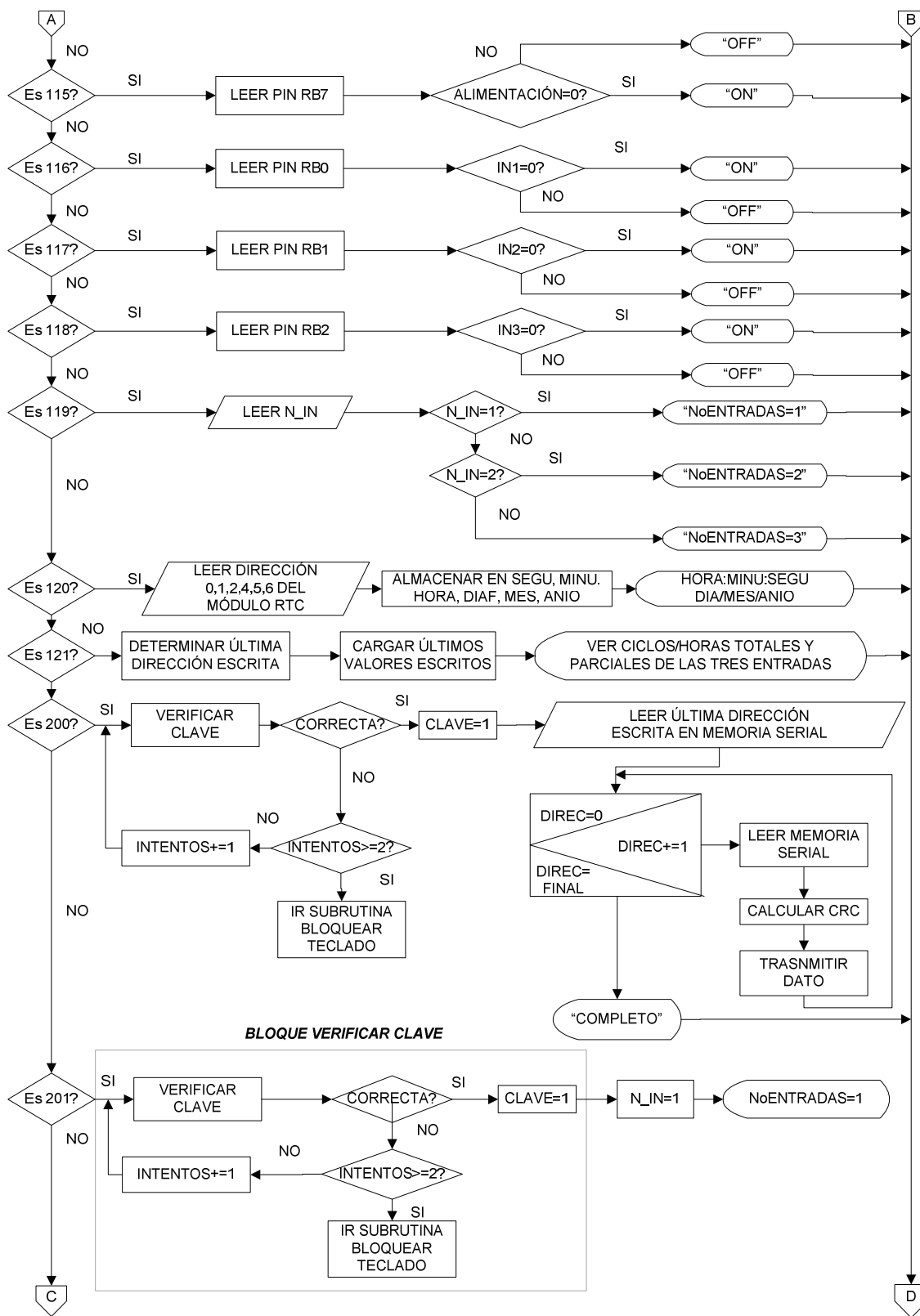


Figura 3.12 Diagrama de Flujo de la subrutina "MENÚ" - Continuación

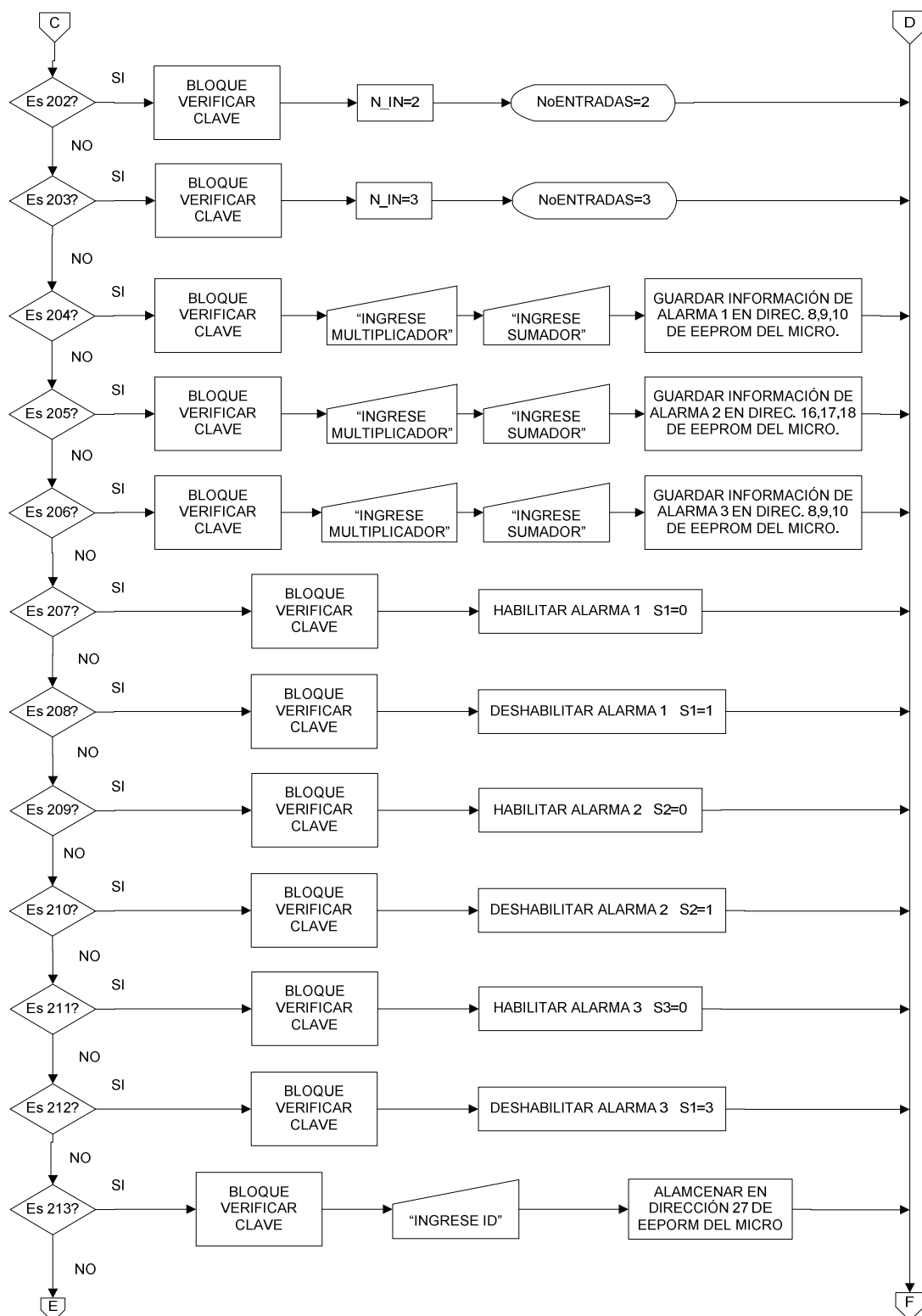


Figura 3.13 Diagrama de Flujo de la subrutina “MENÚ” - Continuación

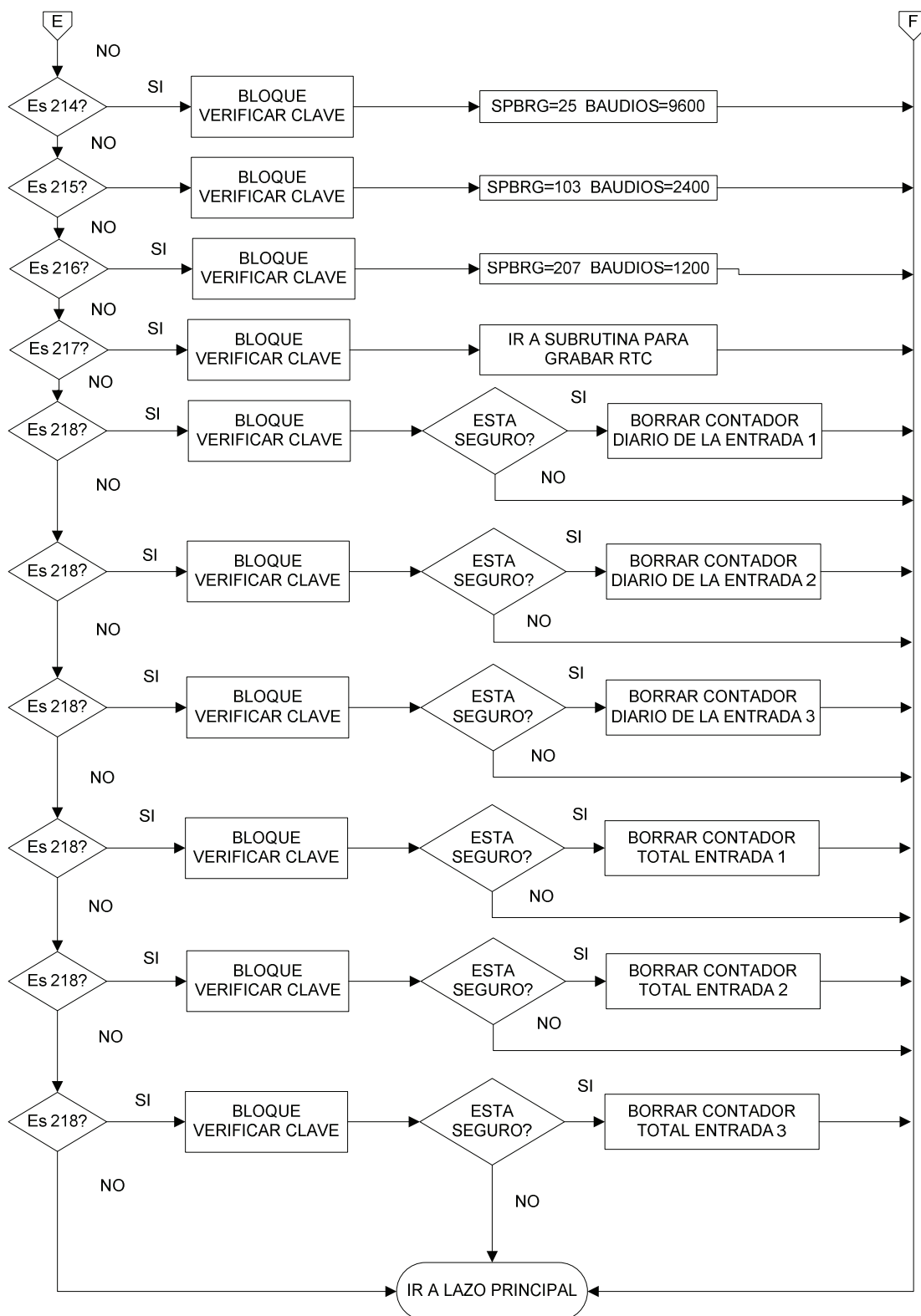


Figura 3.14 Diagrama de Flujo de la subrutina “MENÚ” - Continuación

En el diagrama de flujo anterior se indica que antes de ejecutar comando de configuración de debe ingresar una clave que esta almacenada en la memoria de microcontrolador, se permite hasta tres intentos para ingresar la clave después de los cuales se bloquea el teclado hasta que se ingrese una secuencia de teclas predefinidas y almacenadas en el PIC. Por otra parte si la clave ingresada es correcta se da la opción a ingresar o no una nueva clave que será almacenada en la memoria del microcontrolador. El bloque de verificación de clave se detalla a continuación:

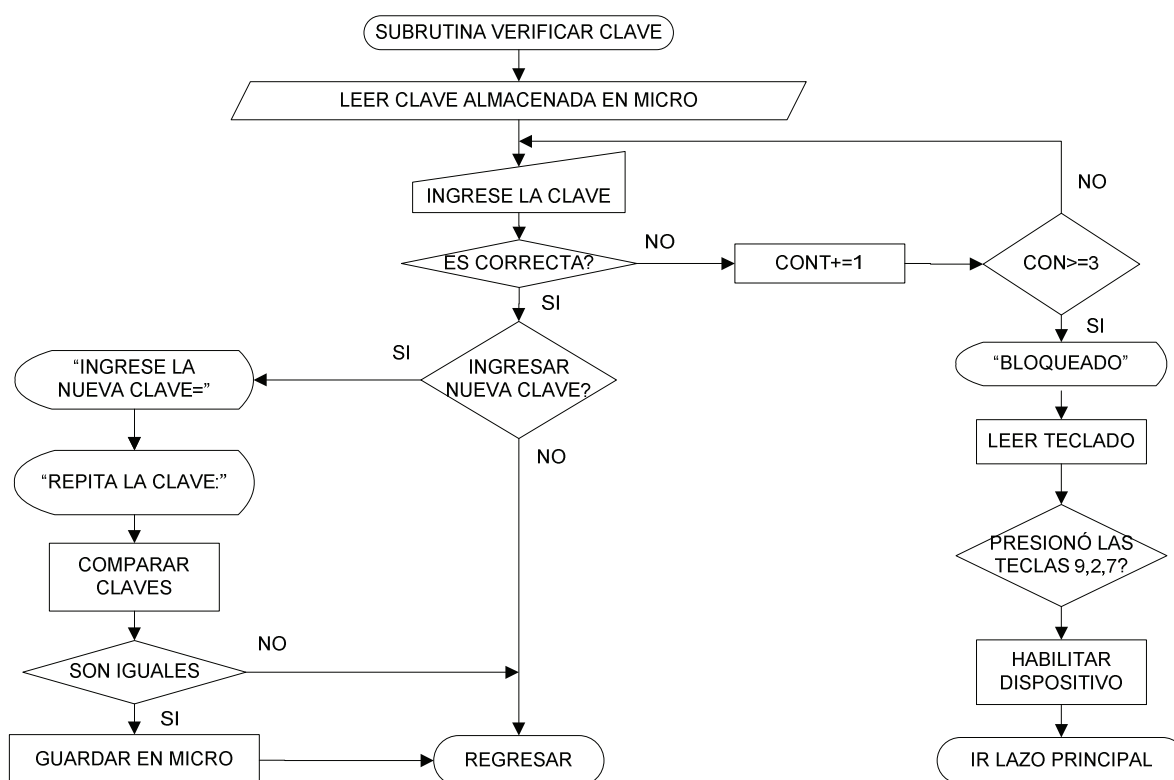


Figura 3.15 Subrutina para la Verificación de la Clave Ingresada

3.1.5 SUBROUTINA PARA GUARDAR EN LA MEMORIA SERIAL

En el lazo principal del programa se lee continuamente la hora del RTC, con el fin de conocer entre otras cosas, el momento en que son las 24h00 de cada día, es en este momento se hace un respaldo de datos del año, mes, día y las horas o ciclos diarios

de las tres entradas, que están almacenados en sus correspondientes variables. Esta subrutina se detalla en el siguiente diagrama:

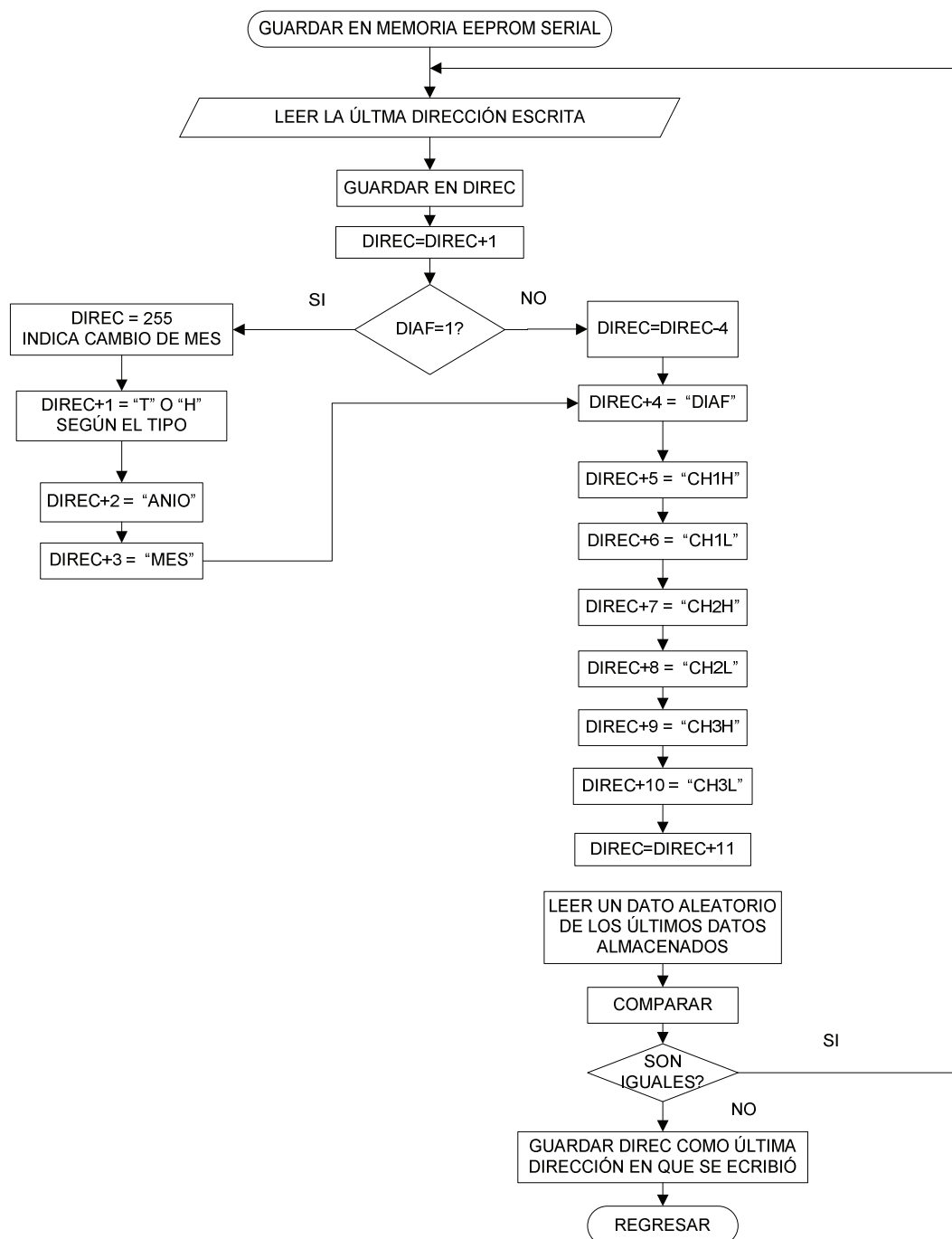


Figura 3.16 Subrutina para Guardar en la Memoria EEPROM Serial

3.1.6 SUBROUTINA PARA INTERRUPCIÓN

El lazo principal se ejecuta en forma infinita hasta que se hace un llamado a interrupción. Las acciones que generan interrupción son cuando existe algún cambio en las tres entradas, cuando el dispositivo es alimentado por la red eléctrica y cuando el dispositivo desenergizado. El diagrama de flujo se detalla a continuación:

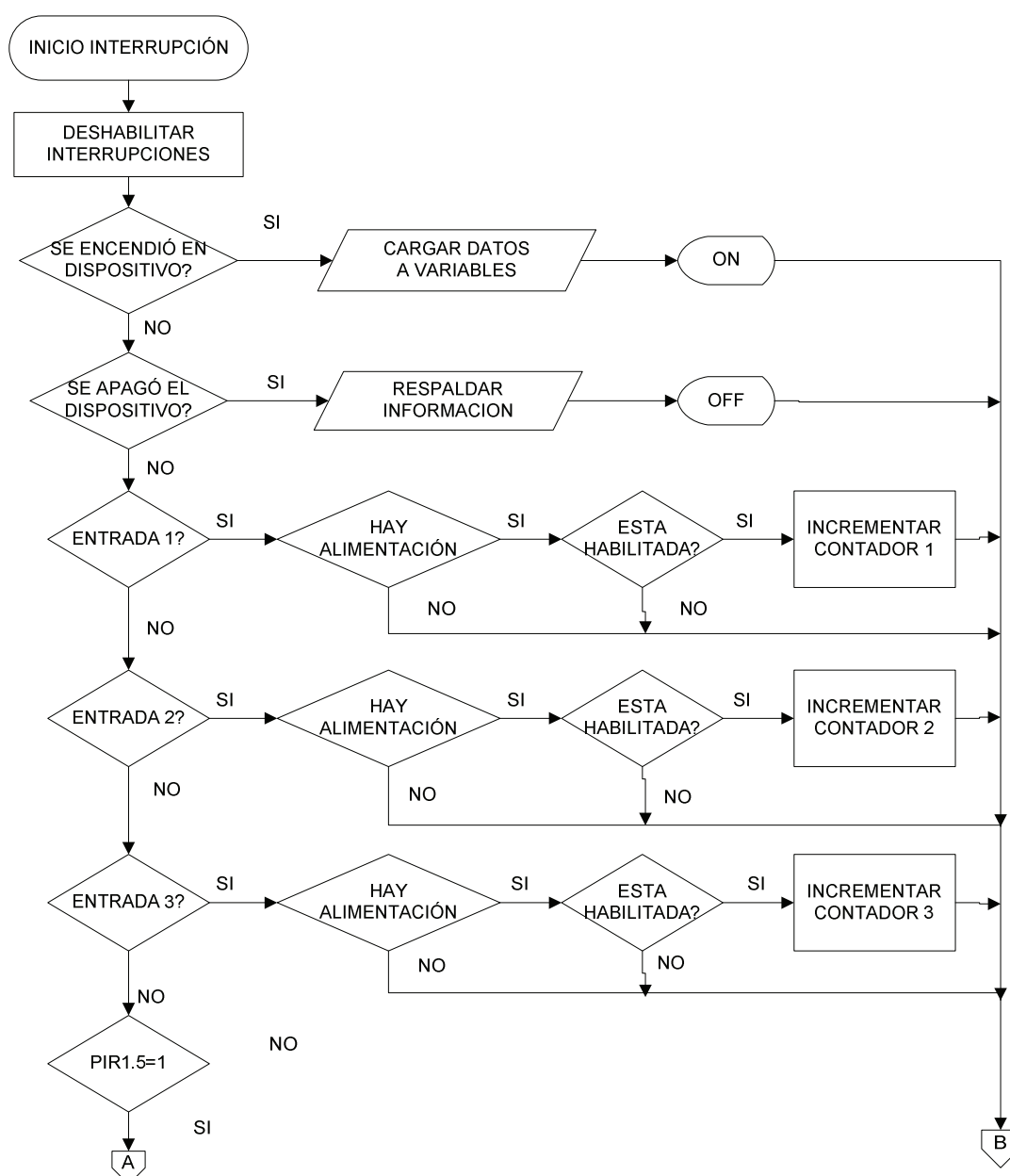


Figura 3.17 Diagrama de flujo de la Subrutina "INTERRUPCIÓN"

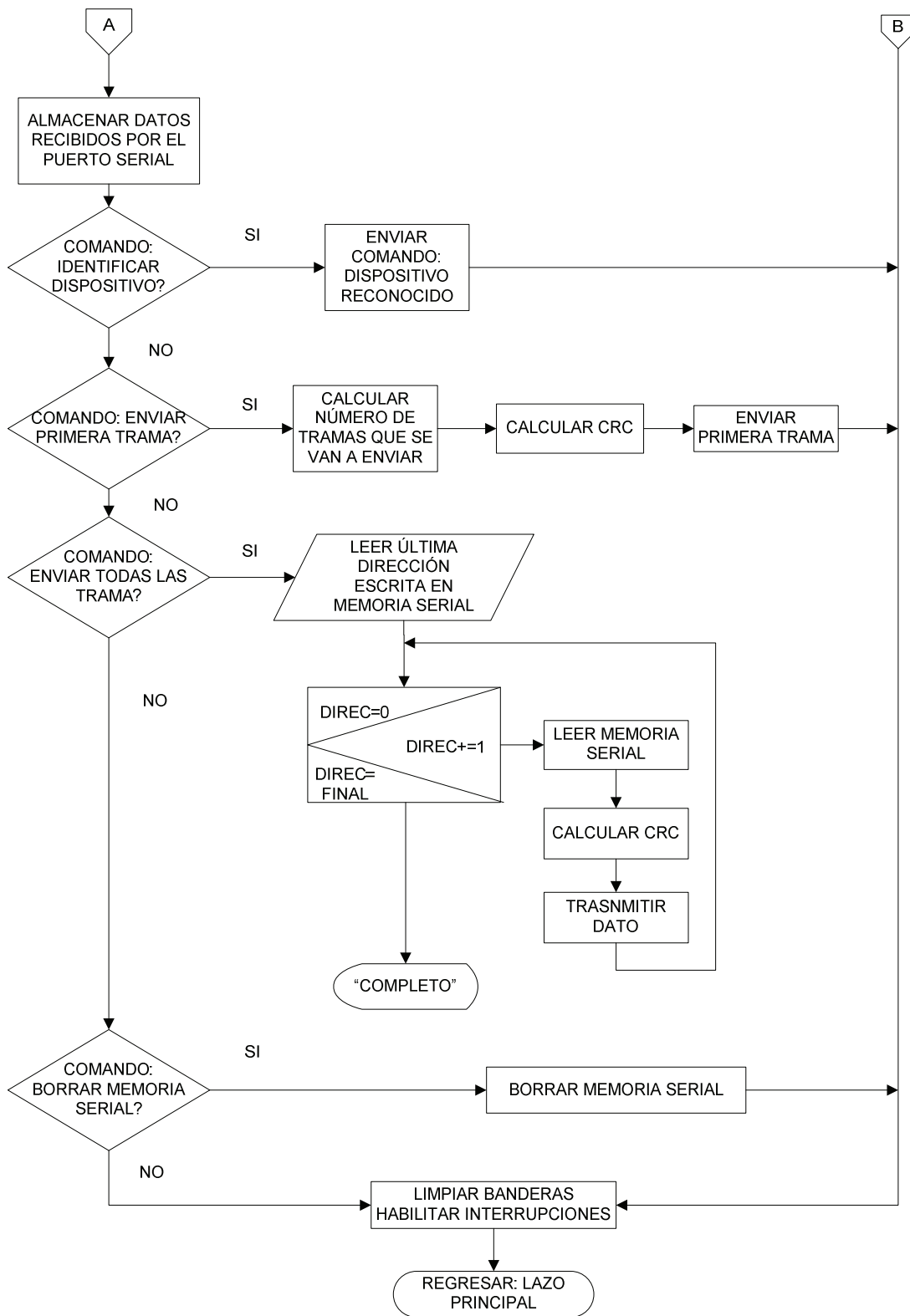


Figura 3.18 Diagrama de flujo de la Subrutina “INTERRUPCIÓN” – Continuación

Para dar mayor confiabilidad a los datos enviados al computador, se tiene una subrutina que calcula el valor CRC (*Chequeo por Redundancia Cíclica*), ésta es una técnica común utilizada para detectar errores en la transmisión de datos. El dispositivo trasmisor calcula un número basado en los datos transmitidos, mientras que el receptor, en este caso el computador, repite el mismo cálculo después de la transmisión. Si ambos dispositivos obtienen el mismo resultado, se dice que la transmisión está libre de errores.

Una representación gráfica del algoritmo CRC-16 se muestra a continuación:

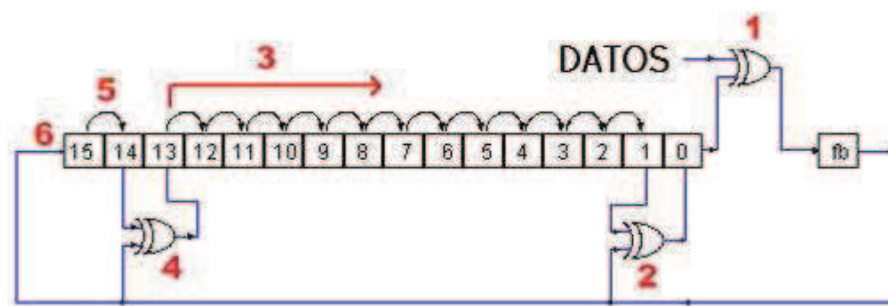


Figura 3.19 Algoritmo CRC-16

Cada rectángulo representa un bit del registro *CRC*, que consta de 16 bits y la variable *fb*, de 1 bit. Los números rojos indican el orden en que deben realizarse las operaciones. Es muy importante respetar este orden.

Se comienza por hacer un XOR entre el bit menos significativo del dato y el menos significativo del registro, depositando el resultado en *fb*. Al final de la corrida, es decir, cuando se haya procesado todos los bits del dato, el registro *CRC* contendrá el checksum, así calculado.

3.2 INTERFAZ GRÁFICA EN EL COMPUTADOR

La interfaz gráfica permite al operario trabajar con un entorno más amigable, adaptándose fácilmente a la aplicación y agregando una serie de funciones que el totalizador o el horómetro por sí solos no podrían prestar.

La interfaz gráfica está desarrollada en Visual Basic .Net 2005, que es un lenguaje de programación orientado a objetos que se puede considerar una evolución de Visual Basic implementada sobre el Framework .NET. En una aplicación típica se utilizan formularios y controles que se denomina genéricamente objetos.

Los formularios con las ventanas que contienen controles como botones, datagridview, etiquetas, zedgraph, etc., que combinados con el código se convierten en una interfaz gráfica hombre-máquina muy amigable. La aplicación tanto para el totalizador como para el horómetro es la misma y cuenta con cuatro formularios: Principal, Adquisición de Datos, Búsqueda y Gráficas.

La función del programa es establecer la conexión con el microcontrolador PIC18F2525 vía puerto serial, adicionalmente establece un enlace con Microsoft Access, en el que se genera la base de datos donde se almacenan el número de horas, el número de ciclos, fechas, tipo de cada una de los dispositivos. En la figura 3.20 se realiza un diagrama de flujo general de la aplicación.

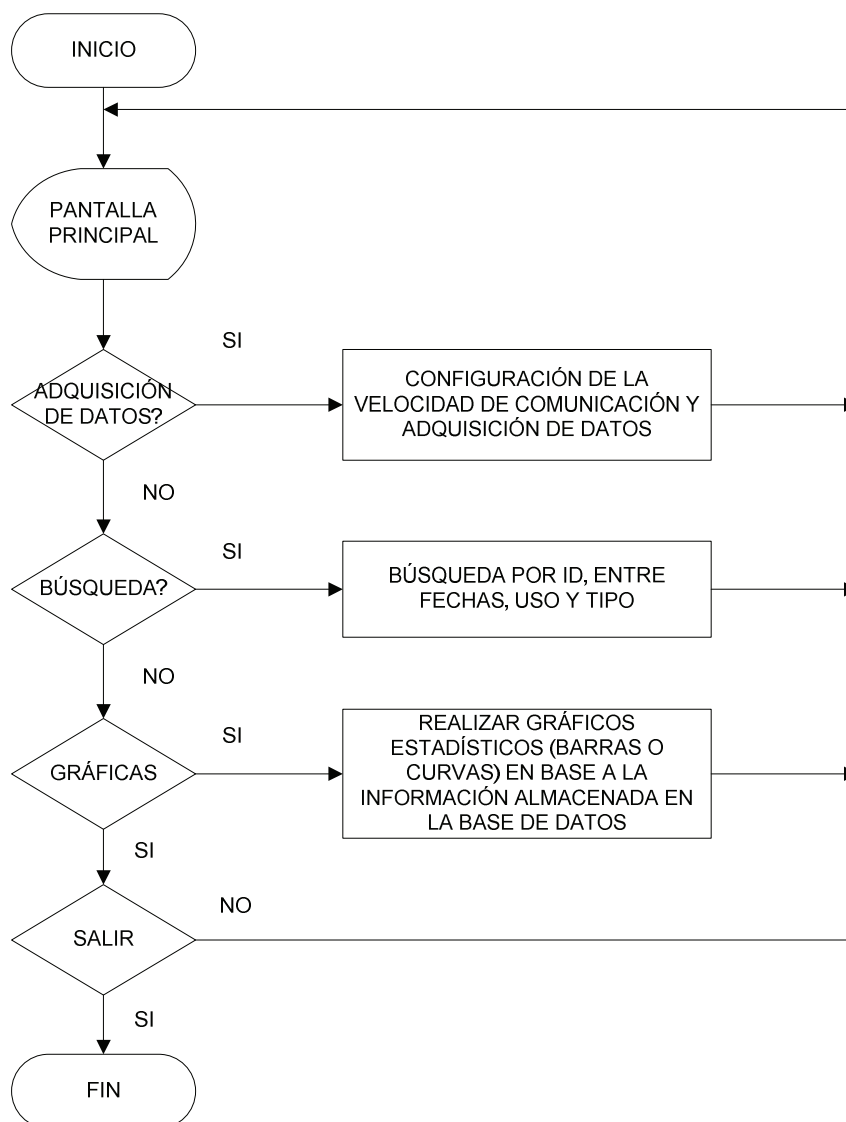


Figura 3.20 Diagrama de flujo para la interfaz con el Computador

3.2.1 FORMULARIO DE PRESENTACIÓN

En esta ventana es el formulario padre y aparece cuando se carga el programa, aquí se muestran los datos generales sobre el proyecto, en esta parte el usuario puede escoger la tarea que va a realizar a través del menú desplegable llamado “Archivo”.



Figura 3.21 Formulario Principal

3.2.2 FORMULARIO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

En el momento en que se carga este formulario, el `datagridview` es llenado con toda los datos almacenados en la base de datos hecha en Access, luego busca cuales son los puertos que están habilitados en el computador y finalmente se deshabilitan todos los controles.

Para deshabilitar los controles del formulario se debe presionar el botón “CONECTAR A LA BASE”, este botón sirve para verificar que la base de datos existe en el computador y que existe una conexión con la aplicación, la dirección de esta base de datos se puede visualizar en una caja de texto que está en la parte inferior de dicho botón. Una vez encontrada la base de datos, se configura el puerto para la comunicación y seleccionar la velocidad para la transmisión y recepción de datos.

Con el botón “BUSCAR” se envían comandos para conocer que dispositivo está conectado a la red. El dispositivo reconocido contesta con un comando con el que se habilitan tanto el *radiobutton* y el *textbox* en donde se escribe una pequeña descripción del controlador.

Lo controles del grupo `ID_DISPOSITIVO` que esté habilitados indican que controladores está disponibles para poder realizar las adquisición de datos. Mediante la selección de una de estos dispositivos seguido de un click en el botón “DESCARGAR”, se da inicio a la transmisión de datos por tramas, las mismas que son analizadas al calcular y comparar el valor CRC que fue enviado por el microcontrolador y en caso de que la tramas no contengan errores son almacenadas en la base de datos, caso contrario se despliega un cuadro de dialogo preguntando si se desea volver a descargar la información o no.

Una vez terminada la adquisición de datos aparece otro cuadro de dialogo que da la opción a borrar la memoria serial del controlador, esta acción requiere del ingreso de una contraseña, la misma que esta almacenada en el código del software del computador.

CONEXIÓN REALIZADA...

TIPO	ID	AMIC	MES	DIA	CANAL 1	CANAL 2	CANAL 3
TOTALIZADOR	14	2009	12	31	10000	10000	13000
84	1	2009	1	2	10000	10000	13000
84	1	2009	1	3	10000	10000	13000
84	1	2009	1	4	10000	10000	13000
84	1	2009	1	5	10000	10000	13000
84	1	2009	1	6	10000	10000	13000
84	1	2009	1	7	10000	10000	13000
84	1	2009	1	8	10000	10000	13000
84	1	2009	1	9	10000	10000	13000
84	1	2009	1	10	10000	10000	13000
84	1	2009	1	11	10000	10000	13000
84	1	2009	1	12	10000	10000	13000
84	1	2009	1	13	10000	10000	13000
84	1	2009	1	14	10000	10000	13000
84	1	2009	1	15	10000	10000	13000
84	1	2009	1	16	10000	10000	13000
84	1	2009	1	17	10000	10000	13000
84	1	2009	1	18	10000	10000	13000
84	1	2009	1	19	10000	10000	13000
84	1	2009	1	20	10000	10000	13000
84	1	2009	1	21	10000	10000	13000
84	1	2009	1	22	10000	10000	13000
84	1	2009	1	23	10000	10000	13000
84	1	2009	1	24	10000	10000	13000

PARAMETROS DE TRANSMISION

PIERNO: CCM5 VELOCIDAD: 3600

ID DISPOSITIVO: CTRL.1, CTRL.2, CTRL.3, CTRL.4, CTRL.5, CTRL.6, CTRL.7, CTRL.8, CTRL.9, CTRL.10, CTRL.11, CTRL.12, CTRL.13, CTRL.14, CTRL.15, CTRL.16, CTRL.17, CTRL.18, CTRL.19, CTRL.20, CTRL.21, CTRL.22, CTRL.23, CTRL.24, CTRL.25, CTRL.26, CTRL.27, CTRL.28, CTRL.29, CTRL.30, CTRL.31, CTRL.32

BUSCAR ALIAS DESCARGAR

CONECTARSE A LA BASE

C:\Descargar\data\Bases\Cabam.mdb

FECHA: 11/Jan/2009 HORAS: 13:50:25

ACTUALIZAR EXPORTAR A EXCEL CSV

NOVAJERO S.A. [DESCARGA DE DATOS]

NOVAJERO S.A. [Programa...]

NOVAJERO S.A. [Programa...]

Micro-Código Suave

Figura 3.22 Formulario Adquisición de Datos

Una vez que la adquisición de datos ha terminado, se debe actualizar los cambios efectuados en la base de datos con el botón “ACTUALIZAR”, para luego si el usuario lo desea exportar la base de datos a una hoja de excel o generar un archivo .CSV (valores separados por comas).

En la figura 3.23 se indica el diagrama de flujo del formulario Adquisición de Datos:

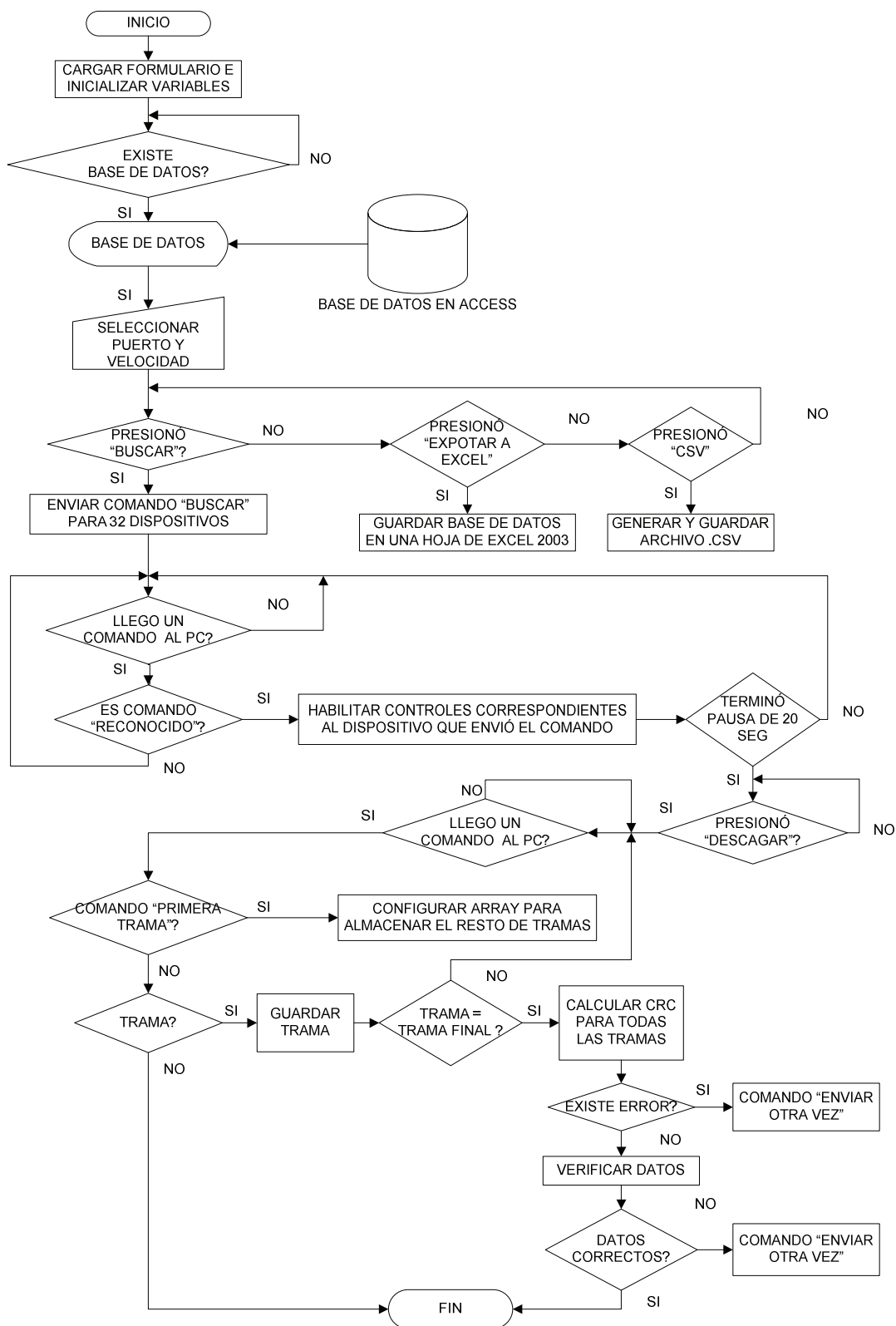


Figura 2.23 Diagrama de Flujo para el Formulario Adquisición de Datos

3.2.3 FORMULARIO DE BÚSQUEDA

Este formulario permite al usuario realizar búsquedas sobre la base de datos en donde está almacenada la información descargada de los dispositivos por el Formulario de Adquisición de Datos.

Este formulario tiene cuatro criterios de búsqueda que son: por ID o dirección del esclavo, por intervalo de fecha, por rango de uso y por tipo, además de las diferentes posibles combinaciones entre ellos. El resultado de la búsqueda se ordena por el campo fecha en forma ascendente.

Cuando en formulario se carga, también se llena el datagridview con la base de datos, a continuación el usuario selecciona el criterio de búsqueda para luego presionar buscar. Una vez que la búsqueda haya concluido se tiene la opción de imprimirla, para esto se usa un cuadro de dialogo que permite seleccionar las columnas y filas que se deseen imprimir, además cuenta con la opción de escribir un título para la búsqueda realizada. Si se desea se puede guardar la búsqueda realizada en un archivo .csv al presionar el botón “*GUARDAR*”.

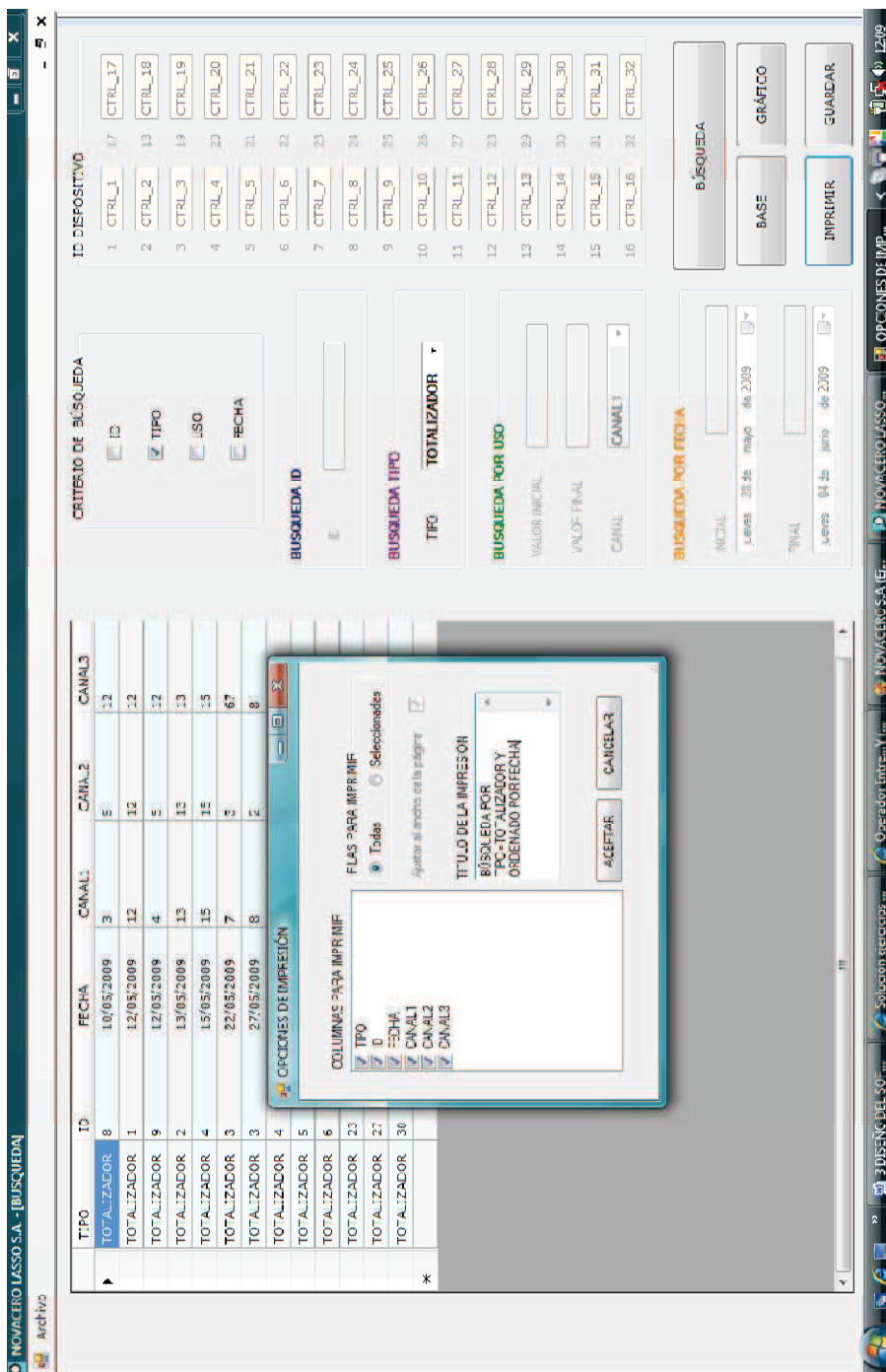


Figura 3.24 Formulario Búsqueda con Cuadro de Diálogo para Impresión

Adicionalmente este formulario tiene un botón que permite realizar un gráfico de barras agrupadas que representa lo eventos sean horas o ciclos versus la dirección

ID en base a la consulta que se ha realizado, cada color representa una entrada en el horómetro o en el totalizador, sobre los cuales están escritos los valores correspondientes a los eventos contados por cada una de ellas. En la parte superior se puede visualizar el criterio utilizado para generar la consulta.

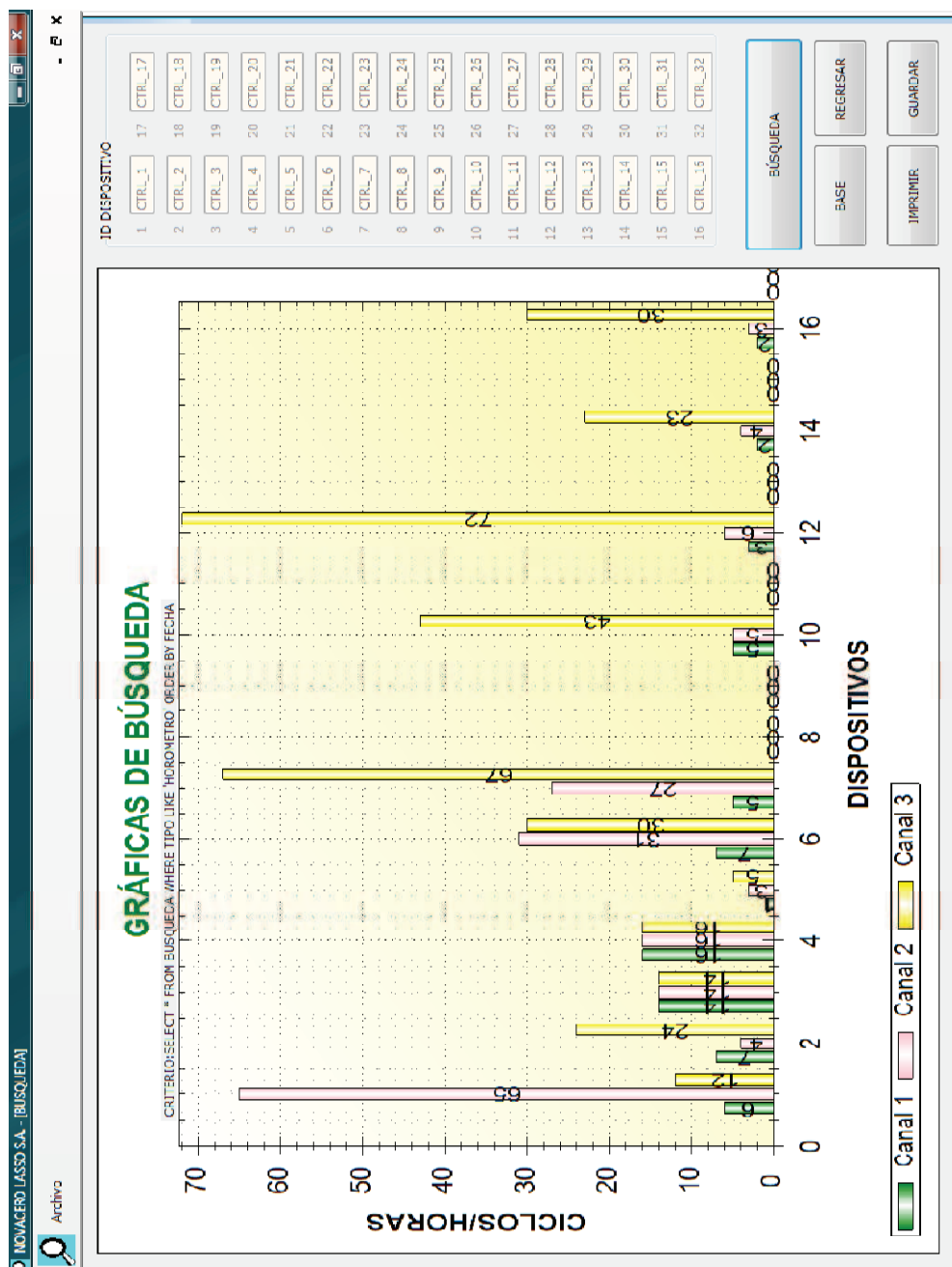


Figura 3.25 Formulario Búsqueda con Gráficas de la Búsqueda

La siguiente figura es el diagrama de flujo para el formulario de Búsqueda:

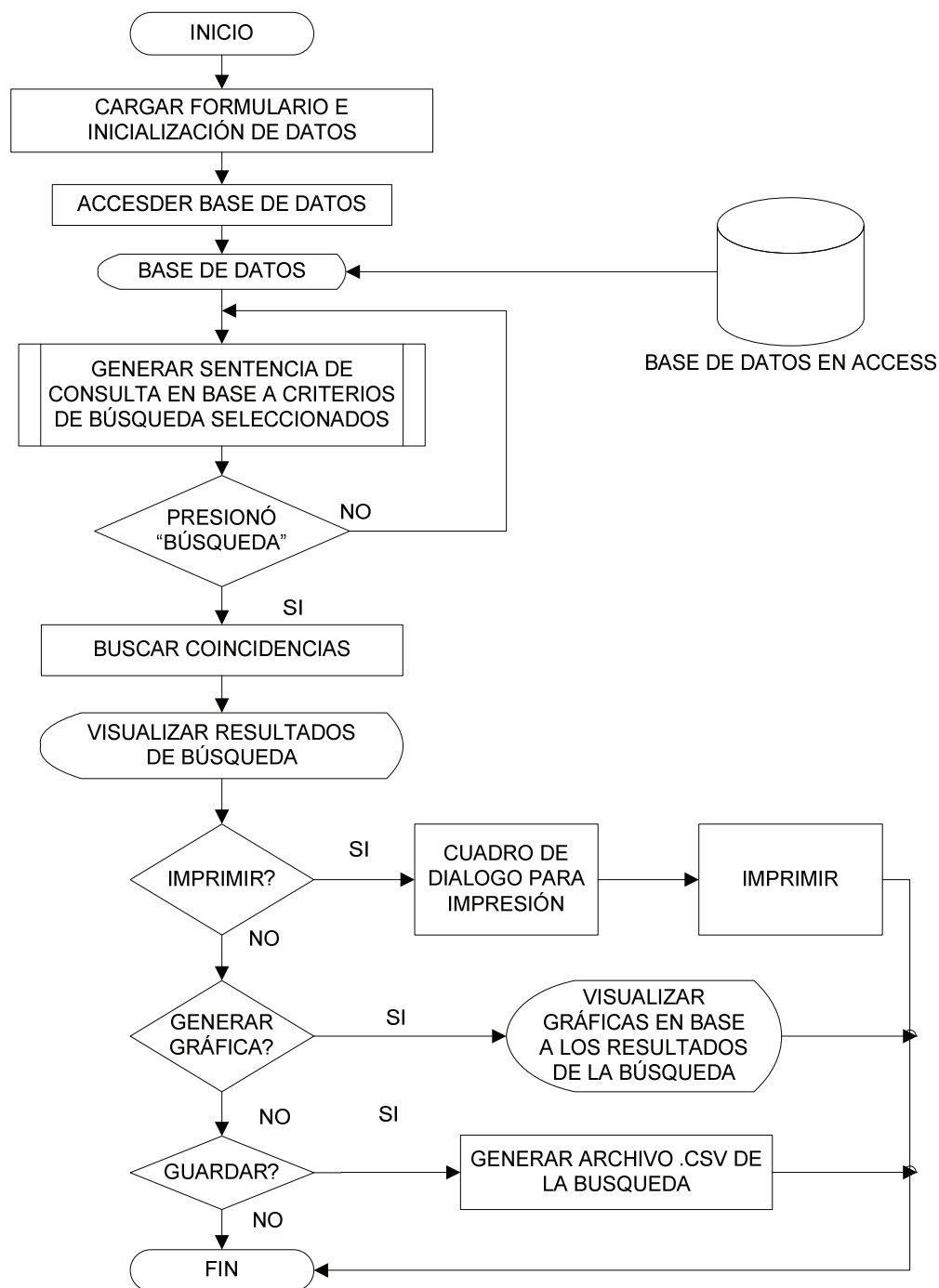


Figura 3.26 Diagrama de Flujo para el Formulario Búsqueda

3.2.4 FORMULARIO DE GRÁFICAS

Una forma de presentar los datos recolectados a través del puerto serial y almacenados en la base de datos son los gráficos estadísticos, cuyo objetivo principal es provocar un impacto visual en el usuario. Se puede aplicar cuando se desea obtener conclusiones rápidas, siempre y cuando la precisión numérica no sea de extrema importancia.

Se añadió este formulario para poder dar al usuario una perspectiva gráfica del uso de los dispositivos. La primera opción, dentro del menú “GRÁFICAS”, es “CURVAS”, esta ventana permite seleccionar un controlador por su ID y un rango de fechas con el fin de visualizar el número de horas o ciclos de cada una de sus entradas, las que son representadas por curvas de diferente color como se observa en la figura 3.27.

La segunda opción, llamada “BARRAS” permite visualizar en forma global del uso de los dispositivos, generando un gráfico de barras agrupadas de diferentes colores que representan cada una de sus entradas, esto en función de la base de datos creada en Access, es decir. El algoritmo se basa en realizar una suma total de los ciclos u horas registrados por las entradas de los dispositivos, para luego desplegar la información en forma gráfica. Adicionalmente se cuenta con una franja de color rojo que indica que las órdenes de trabajo para el mantenimiento de los equipos monitoreados deben ser ejecutadas.

En la figura 3.28 se puede observar el formulario “Gráficas Barras” y en la figura 3.29 se realiza su respectivo diagrama de flujo.

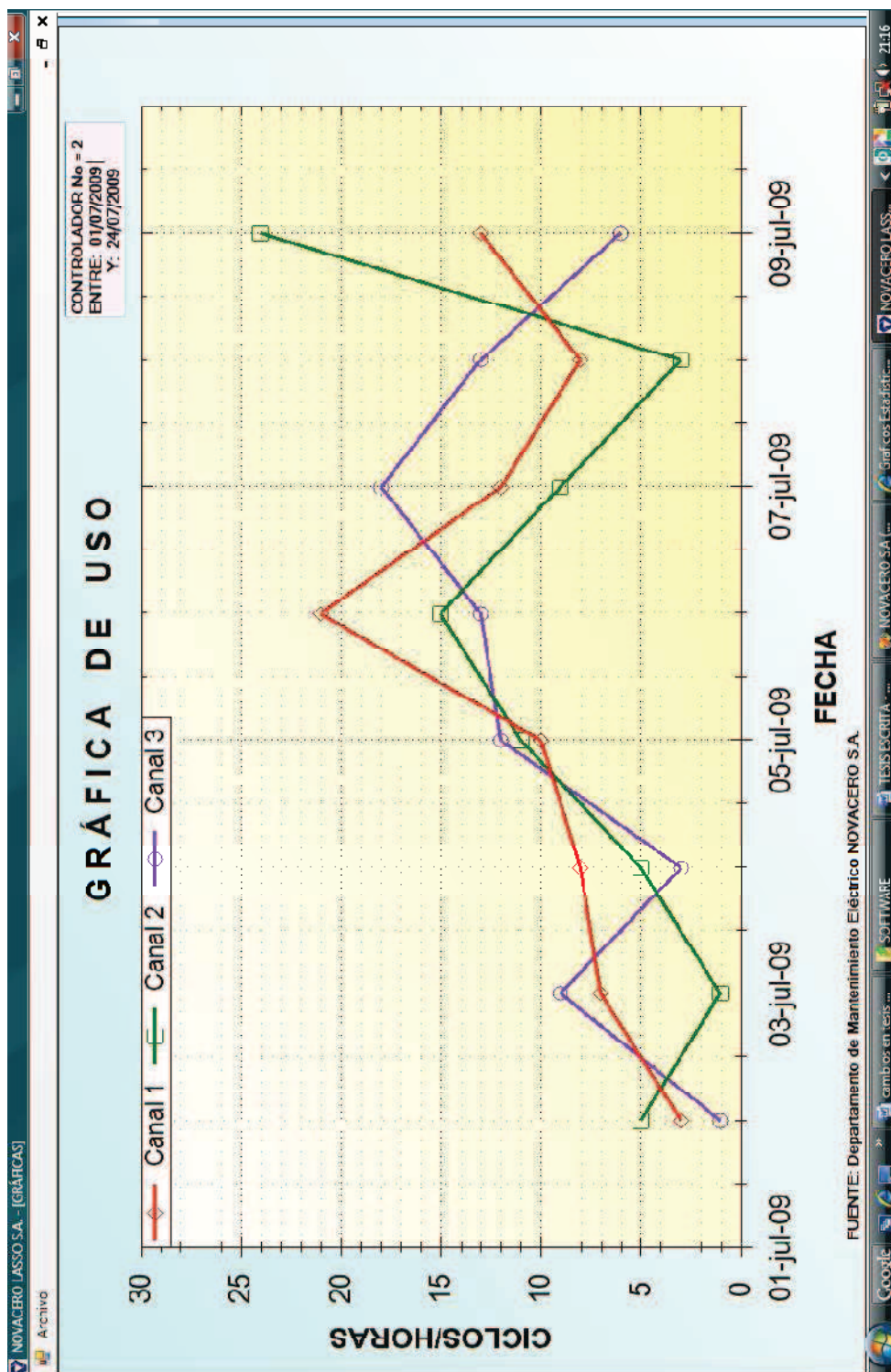


Figura 3.27 Formulario Gráficas – Ciclos/Horas vs. Fecha

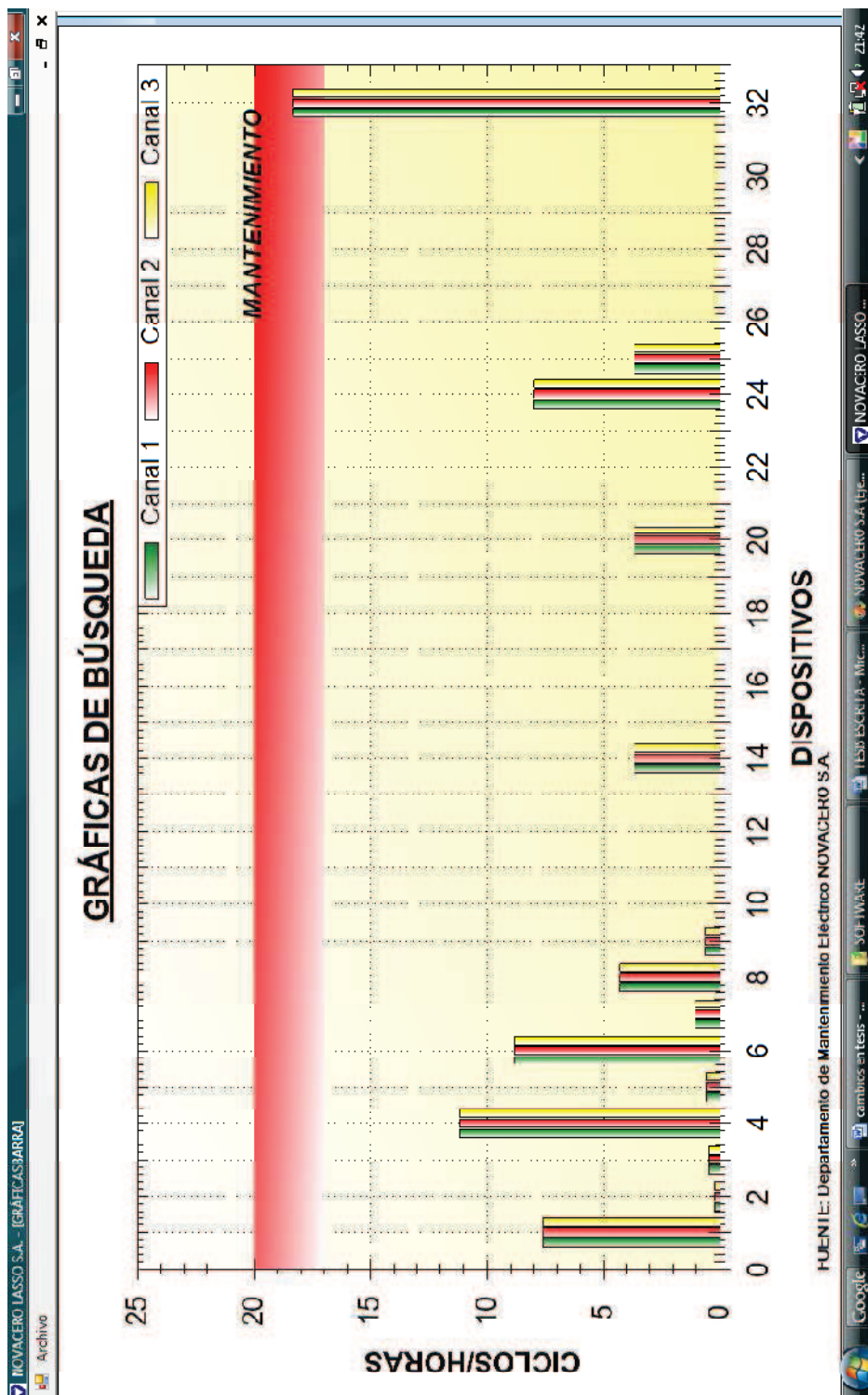


Figura 3.26 Formulario Gráficas – Ciclos/Horas vs ID

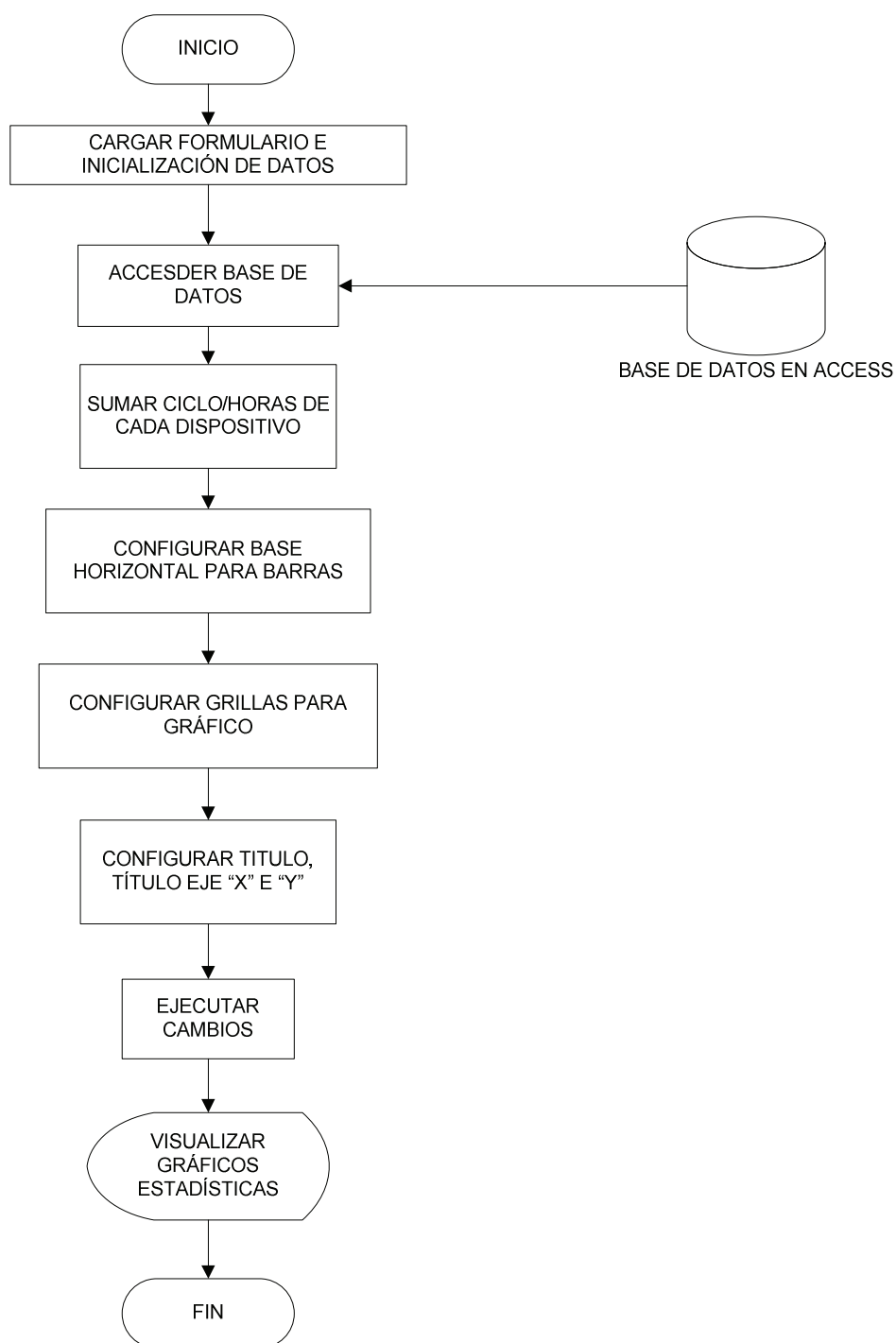


Figura 3.26 Diagrama de Flujo para el Formulario Gráficas

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas que se realizaron fueron las siguientes:

1. Prueba del Reloj en Tiempo Real.
2. Prueba de la Memoria Serial.
3. Prueba del Módulo BV4218.
4. Prueba de la Comunicación Serial.
5. Prueba de la Batería.

4.1 PRUEBA DEL RELOJ EN TIEMPO REAL

Cuando el RTC es energizado se inicializa con una hora de 0:00:00 y una fecha de 01/01/2000, para lo cual el usuario debe ingresar la información de la hora y fecha al RTC. Con esta información se realizarán las funciones de respaldo de información y conteo de horas. La información ingresada por el usuario debe ser verídica, caso contrario no se podrá usar el módulo.

Estos datos aparecen en la pantalla del LCD, por lo que su comprobación se realiza por simple inspección visual. Las pruebas consistieron en:

1. Verificar que la hora y la fecha ingresada se grabe en el módulo RTC y a partir de este tiempo empiece a correr. Para ver la información que se ingresó se utilizó el comando 120, con el cual se visualizó en la pantalla del LCD que la hora y fecha se incrementó a partir de valor ingresado.



Figura 4.1 Formato para el ingreso de la Hora



Figura 4.2 Formato para el ingreso de la Fecha



Figura 4.3 Pantalla resultante para un valor de Hora o Fecha Erróneas

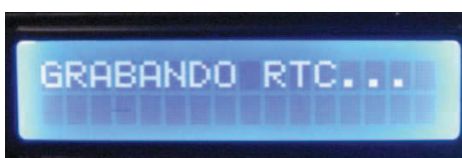


Figura 4.4 Pantalla para Grabar Información en el RTC



Figura 4.5 Leer RTC con el Comando 120

2. Verificar que la información de la hora y la fecha no se pierdan al desenergizarse el horómetro o el totalizador. Bajo la condición de que la batería se encuentra cargada, se desconectó y conectó el equipo y se observó que los valores de hora y fecha no se perdieron y que siguen incrementándose apropiadamente.
3. Comprobar que el tiempo corra segundo a segundo con una frecuencia de 512Hz. Para ello, con la ayuda de un frecuencímetro, se midió la frecuencia

sobre el pin 2 del módulo RTC, cuya lectura fue 512Hz. Por otra parte se dejó en funcionamiento continuo el totalizador por tres días y durante ese tiempo no ocurrió ningún atraso o adelanto en la hora o fecha.

4. Comprobar que cambie correctamente el día, mes y año incluyendo año bisiesto. El horómetro se programó en una fecha igual al 28/Feb./2008 y se observó el incremento correcto al 29/Feb./2008, con año bisiesto. Luego se programó con una fecha igual a 31/Dic./2008 y se observó el incremento al 01/Ene/2009 con lo que se comprobó el incremento correcto de mes y año.

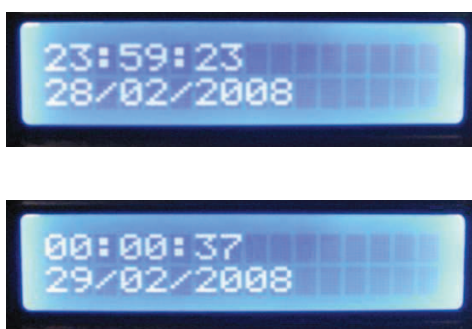


Figura 4.6 Incremento de Día en el RTC respetando Año Bisiesto



Figura 4.7 Incremento del Mes y Año en el RTC

4.2 PRUEBA DE LA MEMORIA SERIAL

El microcontrolador guarda en la memoria serial las horas o ciclos registrados durante el día, por el horómetro y el totalizador, respectivamente. El almacenamiento de datos se hizo a las 24h00 de cada día. Para verificar que está realizando esta función, después de haber almacenado los datos se lee aleatoriamente uno de ellos y se lo compara con el dato original; si los datos son iguales se verifica que la escritura es correcta, caso contrario el microcontrolador repetirá el almacenamiento de los datos. Por otra parte, se puede observar los últimos datos almacenados utilizando el comando "121". El comportamiento es el correcto y se pone como ejemplo una de las pantallas con los valores de los últimos datos almacenados en la memoria serial.



Figura 4.8 Datos del Totalizador Canal 1 Antes de las 24h00

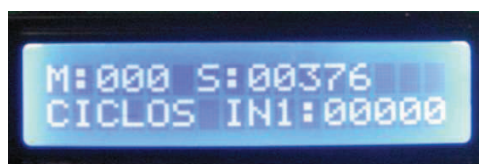


Figura 4.9 Datos del Totalizador Canal 1 Después de las 24h00



Figura 4.10 Datos Leídos del Totalizador Canal 1 por el comando 121

Es importante mencionar que el Horómetro puede visualizar las horas registradas en un rango de 0 a 65536. Si el motor de un stand del tren de laminación estuviese encendido por veinte y cuatro horas, el horómetro está en la capacidad de registrar su funcionamiento por aproximadamente siete años y cinco meses. El Totalizador de Ciclos está diseñado para poder registrar en un rango de 0 a 17.366.781 ciclos, este valor es almacenado en dos variables denominadas M como multiplicador y S como sumador. Para obtener el valor total de ciclos registrados se debe utilizar la siguiente expresión:

$$CiclosTotales = 256 * M + S$$

4.3 PRUEBA DEL MÓDULO BV4218

El módulo BV4218 maneja el LCD y el teclado y con él se realizaron las siguientes pruebas:

1. Verificar escritura sobre el LCD. Para ello se escribió un pequeño código el cual permitió encender la luz posterior del LCD y borrar la pantalla para posteriormente escribir la palabra “NOVACERO S.A.”



Figura 4.11 Escritura sobre el LCD a través del módulo BV4218

2. Verificar valores almacenados en la memoria del módulo BV4218 correspondiente a cada una de las teclas. Para ello se presionó en forma ascendente las teclas uno, dos, tres y ocho, luego se dio lectura al buffer del teclado y se visualizó cada valor. El comportamiento es el correcto y se presenta una pantalla con el resultado obtenido por el microcontrolador.



Figura 4.12 Lectura del teclado a través del módulo BV4218

4.4 PRUEBA DE LA COMUNICACIÓN SERIAL

En la comunicación serial se comprueba que los datos transmitidos y recibidos sean correctos y que se realizan a la velocidad apropiada, para verificar que la comunicación entre el microcontrolador y el computador se dé sin ningún problema. Este proceso se utiliza en la transmisión de datos almacenados de la memoria EEPROM serial del horómetro y totalizador a la base de datos guardada en el computador.

Una vez cargada la ventana de Adquisición de Datos se seleccionó en puerto y la velocidad de 9600 baudios para la comunicación y se presionó el botón “BUSCAR”. Entonces el computador envía en forma sucesiva el comando para reconocer a los dispositivos que se encuentran conectados a la red RS-485. Cuando el dispositivo o controlador reconoce el comando que recibe, despliega una pantalla para informar su estado.

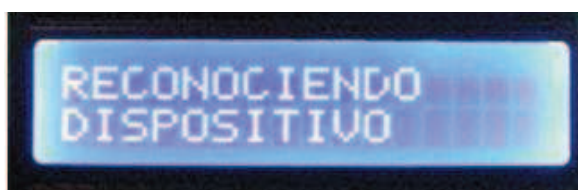


Figura 4.13 Pantalla de Reconocimiento del Dispositivo por parte del Computador

Este procedimiento se hace en forma secuencial para un conjunto igual a treinta y dos dispositivos que estén conectados a un bus RS-485. Al enviar el comando de respuesta al computador se despliega la siguiente pantalla:



Figura 4.14 Pantalla de Confirmación

Mientras tanto en el computador se habilitan los controles de los dispositivos que han sido reconocidos, en este caso se ha encontrado el controlador N° 8.

The screenshot shows the NOVACERO LASSO S.A. software interface. The main window is titled 'NOVACERO LASSO S.A. - [ADQUISICIÓN DE DATOS]'. It features a table of data under the heading 'CONEXIÓN REALIZADA...' and a panel for 'PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN'.

TIPO	ID	ANIO	MES	DIA	CANAL 1	CANAL 2	CANAL 3
TOTALIZADOR	14	2009	12	31	10000	10000	10000
84	1	2009	1	2	10000	10000	10000
84	1	2009	1	3	10000	10000	10000
84	1	2009	1	4	10000	10000	10000
84	1	2009	1	5	10000	10000	10000
84	1	2009	1	6	10000	10000	10000
84	1	2008	1	7	10000	10000	10000
84	1	2009	1	8	10000	10000	10000
84	1	2009	1	9	10000	10000	10000
84	1	2009	1	10	10000	10000	10000
84	1	2009	1	11	10000	10000	10000
84	1	2009	1	12	10000	10000	10000
84	1	2009	1	13	10000	10000	10000
84	1	2009	1	14	10000	10000	10000
84	1	2009	1	15	10000	10000	10000
84	1	2009	1	16	10000	10000	10000
84	1	2009	1	17	10000	10000	10000
84	1	2009	1	18	10000	10000	10000
84	1	2009	1	19	10000	10000	10000
84	1	2009	1	20	10000	10000	10000
84	1	2009	1	21	10000	10000	10000
84	1	2009	1	22	10000	10000	10000
84	1	2009	1	23	10000	10000	10000
84	1	2009	1	24	10000	10000	10000

The 'PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN' panel includes a 'PUERTO' dropdown set to 'COM4' and a 'VELOCIDAD' dropdown set to '9600'. Below this is a grid of radio buttons for 'ID DISPOSITIVO' from CTRL_1 to CTRL_32. The radio button for 'CTRL_8' is selected and circled in red. At the bottom of the panel are buttons for 'BUSCAR', 'ALIAS', 'DESCARGAR', and 'CONECTARSE A LA BASE'. The status bar at the bottom shows the date '17/jun/2009' and time '16:25:36'.

Figura 4.15 Pantalla con Controles Habilitados de Dispositivos Reconocidos

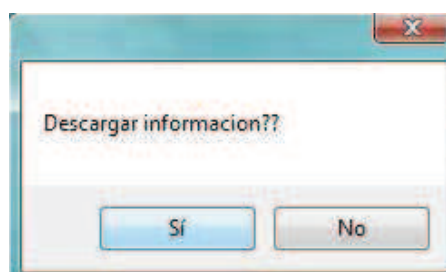


Figura 4.16 Cuadro de dialogo para Adquisición de Datos

Una vez que el computador ha reconocido el dispositivo y si el usuario ha enviado el comando para descargar los datos almacenados en la memoria serial EEPROM presionando el botón “DESCARGAR”, el microcontrolador calcula el número de tramas que va a enviar al computador. La primera trama que se envía tiene la información acerca del tipo de dispositivo: horómetro o totalizador; el número que tramas que se va a enviar y la dirección del dispositivo ID. El propósito de enviar el número de tramas consiste en detectar errores en la transmisión y crear una matriz que almacenará los datos descargados para luego ser verificados a través del cálculo del CRC.



Figura 4.17 Pantalla para Cálculo de Tramas

Finalmente empieza la adquisición de datos, los mismos que son verificados y guardados en la base de datos.



Figura 4.18 Pantalla de Adquisición de Datos en el Microcontrolador

La siguiente figura indica el estado del proceso de recepción datos a través de una barra de progreso, los mismos que provienen del microcontrolador.

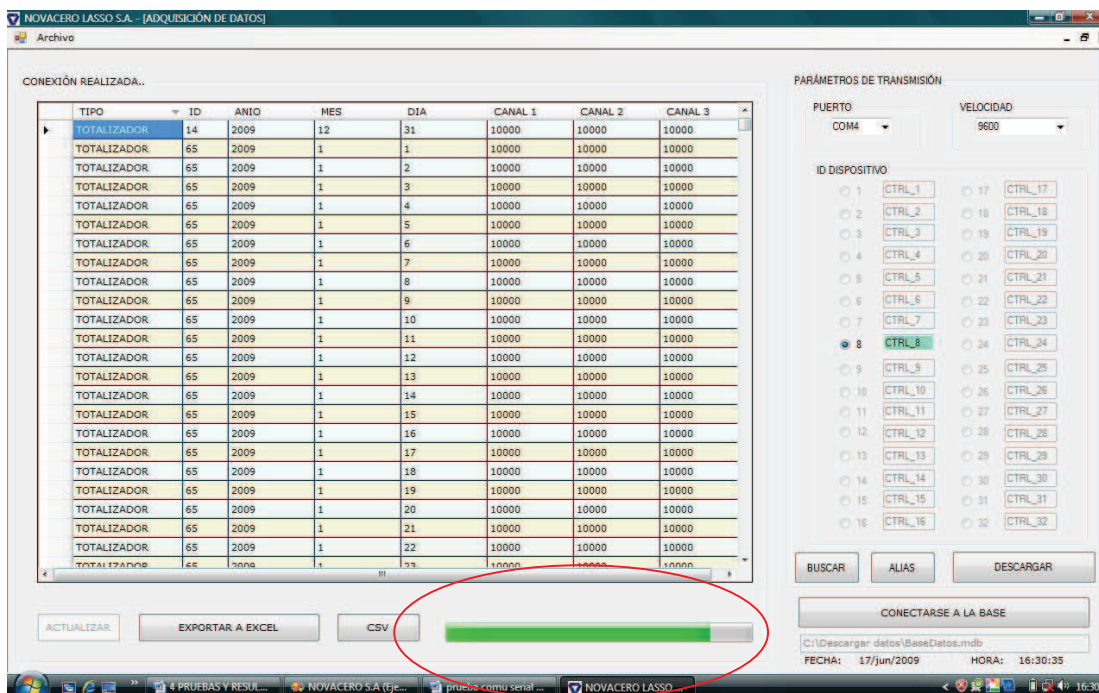


Figura 4.19 Ventana de Adquisición de Datos en el Computador

Una vez que todos los datos con almacenados en el computador aparece el siguiente cuadro de diálogo:

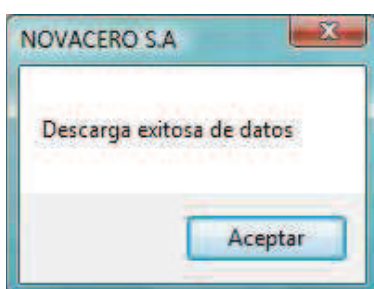


Figura 4.20 Cuadro de Diálogo Después de Descargar los Datos de la Memoria Serial EEPROM

Después de esto, el usuario tiene la posibilidad de borrar todos los datos que están almacenados en el memorial serial EEPROM del controlador o dispositivo.

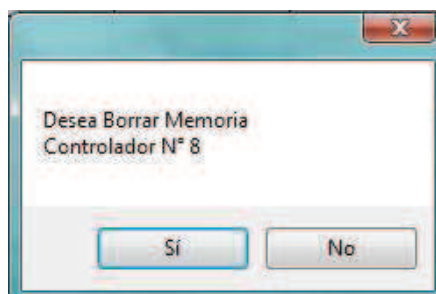


Figura 4.21 Cuadro de Diálogo Para Borrar Memoria Serial EEPROM

Esta es una acción muy delicada ya que una vez que se borre los datos de la memoria serial EEPROM, ya no podrán ser recuperados. Esta decisión es tomada por el jefe de mantenimiento eléctrico y requiere el ingreso de una contraseña.

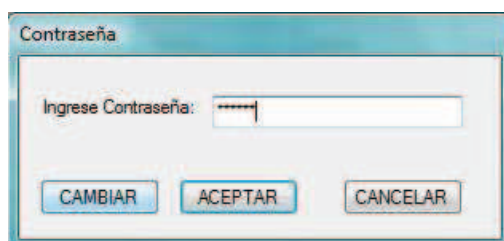


Figura 4.22 Cuadro de Diálogo para Ingresar Contraseña

La ventana "Contraseña" solo permite el ingreso de hasta tres veces de forma incorrecta la contraseña, después de estos intentos se cierra y no se permite borrar los datos almacenados de la memoria serial.

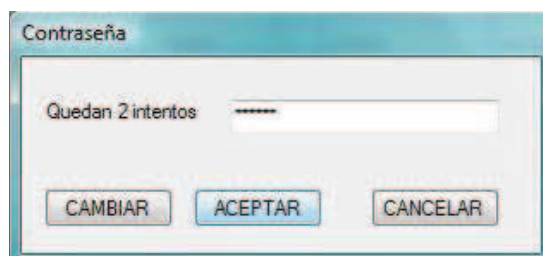


Figura 4.23 Cuadro de Diálogo para Contraseña Errónea

Una vez verificada la contraseña se muestra la pantalla indicada a continuación, que sirve para borrar la memoria serial:



Figura 4.24 Pantalla para Borrar Memoria Serial EEPROM

Finalmente, se analizó el hecho que los datos obtenidos estén libres de errores, que se haya recibido todas las tramas y esto se pudo observar en el datagridview correspondiente al controlador N°8 en la ventana de Adquisición de Datos.

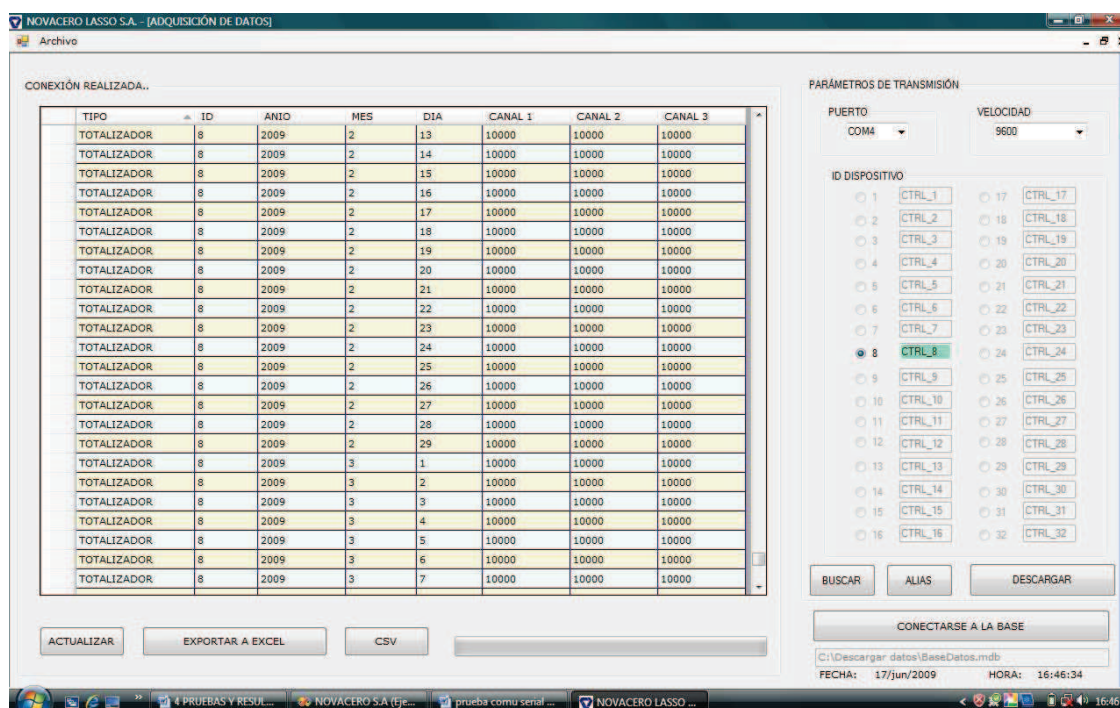


Figura 4.25 Ventana de Adquisición de Datos con la Información de los Datos Descargados del Controlador N° 8

Una vez que los datos ya están almacenados en la base de datos y estando dentro de la ventana de Adquisición de Datos, se tiene la opción de exportar los datos a una

hoja de Excel o a su vez generar un archivo .CSV, ésta última opción se ha implementado debido a que en algunos computadores de la planta no se dispone de Microsoft Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
9501	TOTALIZADOR		8	2009	3	16	10000	10000	10000						
9502	TOTALIZADOR		8	2009	3	17	10000	10000	10000						
9503	TOTALIZADOR		8	2009	3	18	10000	10000	10000						
9504	TOTALIZADOR		8	2009	3	19	10000	10000	10000						
9505	TOTALIZADOR		8	2009	3	20	10000	10000	10000						
9506	TOTALIZADOR		8	2009	3	21	10000	10000	10000						
9507	TOTALIZADOR		8	2009	3	22	10000	10000	10000						
9508	TOTALIZADOR		8	2009	3	23	10000	10000	10000						
9509	TOTALIZADOR		8	2009	3	24	10000	10000	10000						
9510	TOTALIZADOR		8	2009	3	25	10000	10000	10000						
9511	TOTALIZADOR		8	2009	3	26	10000	10000	10000						
9512	TOTALIZADOR		8	2009	3	27	10000	10000	10000						
9513	TOTALIZADOR		8	2009	3	28	10000	10000	10000						
9514	TOTALIZADOR		8	2009	3	29	10000	10000	10000						
9515	TOTALIZADOR		8	2009	3	30	10000	10000	10000						
9516	TOTALIZADOR		8	2009	3	31	10000	10000	10000						
9517	TOTALIZADOR		8	2009	4	1	10000	10000	10000						
9518	TOTALIZADOR		8	2009	4	2	10000	10000	10000						
9519	TOTALIZADOR		8	2009	4	3	10000	10000	10000						
9520	TOTALIZADOR		8	2009	4	4	10000	10000	10000						
9521	TOTALIZADOR		8	2009	4	5	10000	10000	10000						
9522	TOTALIZADOR		8	2009	4	6	10000	10000	10000						
9523	TOTALIZADOR		8	2009	4	7	10000	10000	10000						
9524	TOTALIZADOR		8	2009	4	8	10000	10000	10000						
9525	TOTALIZADOR		8	2009	4	9	10000	10000	10000						
9526	TOTALIZADOR		8	2009	4	10	10000	10000	10000						
9527	TOTALIZADOR		8	2009	4	11	10000	10000	10000						

Figura 4.26 Vista de Hoja en Excel con los Datos exportados desde la Base de Datos

Con la información que se tiene en la base de datos se realizaron búsquedas en base al criterio de ID, tipo, fecha y uso. Estas consultas se pueden imprimir con la opción de poder elegir las columnas, filas y título a imprimirse. A continuación se muestran las pantallas de las diferentes búsquedas:

NOVACERO LASSO S.A. - [BÚSQUEDA]

Archivo

TIPO	ID	FECHA	CANAL1	CANAL2	CANAL3
TOTALIZADOR	8	11/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	12/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	13/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	14/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	15/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	16/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	17/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	18/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	19/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	20/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	21/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	22/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	23/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	24/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	25/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	26/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	27/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	28/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	29/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	30/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	31/01/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	01/02/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	02/02/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	03/02/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	04/02/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	05/02/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	06/02/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	07/02/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	08/02/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	09/02/2009	10000	10000	10000

CRITERIO DE BÚSQUEDA

ID
 TIPO
 USO
 FECHA

BUSQUEDA ID

ID: 8

BUSQUEDA TIPO

TIPO: []

BUSQUEDA POR USO

VALOR INICIAL: []
 VALOR FINAL: []
 CANAL: CANAL1

BUSQUEDA POR FECHA

INICIAL: miércoles, 17 de junio de 2009
 FINAL: miércoles, 17 de junio de 2009

ID DISPOSITIVO

1	CTRL_1	17	CTRL_17
2	CTRL_2	18	CTRL_18
3	CTRL_3	19	CTRL_19
4	CTRL_4	20	CTRL_20
5	CTRL_5	21	CTRL_21
6	CTRL_6	22	CTRL_22
7	CTRL_7	23	CTRL_23
8	CTRL_8	24	CTRL_24
9	CTRL_9	25	CTRL_25
10	CTRL_10	26	CTRL_26
11	CTRL_11	27	CTRL_27
12	CTRL_12	28	CTRL_28
13	CTRL_13	29	CTRL_29
14	CTRL_14	30	CTRL_30
15	CTRL_15	31	CTRL_31
16	CTRL_16	32	CTRL_32

BÚSQUEDA

BASE GRÁFICO

IMPRIMIR GUARDAR

Figura 4.27 Búsqueda por ID

NOVACERO LASSO S.A. - [BÚSQUEDA]

Archivo

TIPO	ID	FECHA	CANAL1	CANAL2	CANAL3
HOROMETRO	6	04/05/2009	1	23	3
HOROMETRO	6	06/05/2009	2	4	3
HOROMETRO	7	08/05/2009	2	4	11
HOROMETRO	10	13/05/2009	5	5	43
HOROMETRO	3	14/05/2009	14	14	14
HOROMETRO	4	15/05/2009	16	16	16
HOROMETRO	1	15/05/2009	6	65	12
HOROMETRO	2	20/05/2009	7	4	24
HOROMETRO	32	28/05/2009	21	21	21
HOROMETRO	6	02/06/2009	4	4	24
HOROMETRO	5	03/06/2009	1	3	5
HOROMETRO	7	03/06/2009	3	23	56
HOROMETRO	12	04/06/2009	3	6	72
HOROMETRO	14	05/06/2009	2	4	23
HOROMETRO	16	06/06/2009	2	3	30

CRITERIO DE BÚSQUEDA

ID
 TIPO
 USO
 FECHA

BUSQUEDA ID

ID: []

BUSQUEDA TIPO

TIPO: HOROMETRO

BUSQUEDA POR USO

VALOR INICIAL: []
 VALOR FINAL: []
 CANAL: CANAL1

BUSQUEDA POR FECHA

INICIAL: miércoles, 17 de junio de 2009
 FINAL: miércoles, 17 de junio de 2009

ID DISPOSITIVO

1	CTRL_1	17	CTRL_17
2	CTRL_2	18	CTRL_18
3	CTRL_3	19	CTRL_19
4	CTRL_4	20	CTRL_20
5	CTRL_5	21	CTRL_21
6	CTRL_6	22	CTRL_22
7	CTRL_7	23	CTRL_23
8	CTRL_8	24	CTRL_24
9	CTRL_9	25	CTRL_25
10	CTRL_10	26	CTRL_26
11	CTRL_11	27	CTRL_27
12	CTRL_12	28	CTRL_28
13	CTRL_13	29	CTRL_29
14	CTRL_14	30	CTRL_30
15	CTRL_15	31	CTRL_31
16	CTRL_16	32	CTRL_32

BÚSQUEDA

BASE GRÁFICO

IMPRIMIR GUARDAR

Figura 4.28 Búsqueda por TIPO

NOVACERO LASSO S.A. - [BÚSQUEDA]

Archivo

TIPO	ID	FECHA	CANAL1	CANAL2	CANAL3
TOTALIZADOR	24	03/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	03/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	14	03/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	24	03/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	20	03/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	24	03/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	6	03/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	6	03/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	6	04/05/2009	10000	10000	10000
HOROMETRO	6	04/05/2009	1	23	3
TOTALIZADOR	14	04/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	20	04/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	6	04/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	24	04/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	24	04/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	24	04/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	04/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	8	05/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	20	05/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	24	05/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	14	05/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	24	05/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	24	05/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	6	05/05/2009	10000	10000	10000
TOTALIZADOR	6	05/05/2009	10000	10000	10000

CRITERIO DE BÚSQUEDA

ID

TIPO

USO

FECHA

BUSQUEDA ID

ID:

BUSQUEDA TIPO

TIPO: HOROMETRO

BUSQUEDA POR USO

VALOR INICIAL:

VALOR FINAL:

CANAL: CANAL1

BUSQUEDA POR FECHA

INICIAL: 5/3/2009

domingo, 03 de mayo de 2009

FINAL: 5/5/2009

martes, 05 de mayo de 2009

BÚSQUEDA

BASE GRÁFICO

IMPRIMIR GUARDAR

ID DISPOSITIVO

1 CTRL_1 17 CTRL_17

2 CTRL_2 18 CTRL_18

3 CTRL_3 19 CTRL_19

4 CTRL_4 20 CTRL_20

5 CTRL_5 21 CTRL_21

6 CTRL_6 22 CTRL_22

7 CTRL_7 23 CTRL_23

8 CTRL_8 24 CTRL_24

9 CTRL_9 25 CTRL_25

10 CTRL_10 26 CTRL_26

11 CTRL_11 27 CTRL_27

12 CTRL_12 28 CTRL_28

13 CTRL_13 29 CTRL_29

14 CTRL_14 30 CTRL_30

15 CTRL_15 31 CTRL_31

16 CTRL_16 32 CTRL_32

Figura 4.29 Búsqueda por FECHA

NOVACERO LASSO S.A. - [BÚSQUEDA]

Archivo

TIPO	ID	FECHA	CANAL1	CANAL2	CANAL3
TOTALIZADOR	1	12/05/2009	12	12	12
TOTALIZADOR	2	13/05/2009	15	13	13
HOROMETRO	3	14/05/2009	14	14	14
HOROMETRO	4	15/05/2009	16	16	16
TOTALIZADOR	4	15/05/2009	15	15	15
HOROMETRO	32	28/05/2009	21	21	21
TOTALIZADOR	23	07/06/2009	24	34	62
TOTALIZADOR	30	09/06/2009	23	3	38

CRITERIO DE BÚSQUEDA

ID

TIPO

USO

FECHA

BUSQUEDA ID

ID:

BUSQUEDA TIPO

TIPO: HOROMETRO

BUSQUEDA POR USO

VALOR INICIAL: 10

VALOR FINAL: 30

CANAL: CANAL1

BUSQUEDA POR FECHA

INICIAL: miércoles, 17 de junio de 2009

FINAL: miércoles, 17 de junio de 2009

BÚSQUEDA

BASE GRÁFICO

IMPRIMIR GUARDAR

ID DISPOSITIVO

1 CTRL_1 17 CTRL_17

2 CTRL_2 18 CTRL_18

3 CTRL_3 19 CTRL_19

4 CTRL_4 20 CTRL_20

5 CTRL_5 21 CTRL_21

6 CTRL_6 22 CTRL_22

7 CTRL_7 23 CTRL_23

8 CTRL_8 24 CTRL_24

9 CTRL_9 25 CTRL_25

10 CTRL_10 26 CTRL_26

11 CTRL_11 27 CTRL_27

12 CTRL_12 28 CTRL_28

13 CTRL_13 29 CTRL_29

14 CTRL_14 30 CTRL_30

15 CTRL_15 31 CTRL_31

16 CTRL_16 32 CTRL_32

Figura 4.30 Búsqueda por USO

Esta ventana también permite realizar búsquedas combinadas, comúnmente llamados filtros. La siguiente ventana visualiza una búsqueda de los totalizadores que haya registrado entre 10 y 30 horas a través del canal 2 desde el 01 de mayo hasta el 25 de mayo.

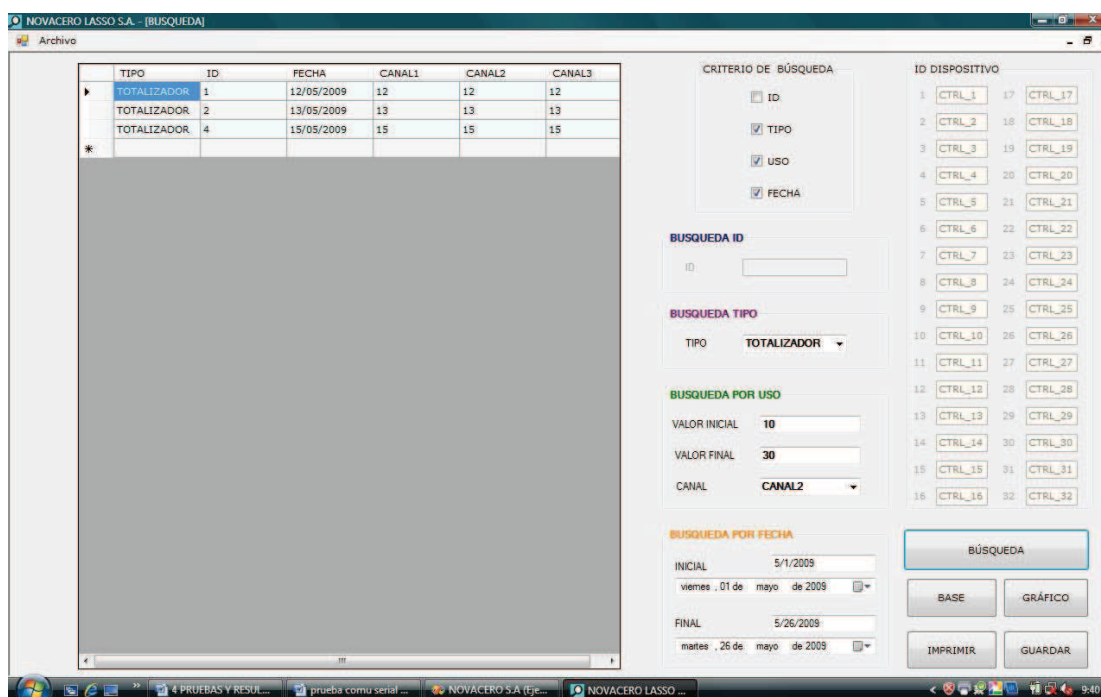


Figura 4.31 Búsqueda por TIPO, FECHA Y USO

-

Esta consistió en determinar el tiempo que tarda en cargarse y descargarse la batería cuando el horómetro y el totalizador se encuentran conectados y desconectados a la red eléctrica, respectivamente.

El tiempo de carga fue aproximadamente de 11 h con el horómetro y el totalizador apagados. El tiempo de descarga fue aproximadamente de 4 horas con el horómetro y el totalizador, encendidos.

4.6 ANÁLISIS COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS Y COSTOS

4.6.1 ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN

A continuación se presenta un detalle de los costos incurridos en el diseño e implementación del “HORÓMETRO”.

MATERIALES DEL “HORÓMETRO”					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Batería recargable 9V	Un	1	10,00	10,00
2	Borneras para placa x 2	Un	13	0,25	3,25
3	Borneras para placa x 3	Un	1	0,30	0,30
4	Broche para batería	Un	1	0,17	0,17
5	Capacitor cerámico 0,1uF	Un	3	0,06	0,18
6	Capacitor electrolítico 10uF 35V	Un	1	0,06	0,06
7	Capacitor electrolítico 220uF 25V	Un	1	0,10	0,10
8	Capacitor electrolítico 470uF 50V	Un	1	0,20	0,20
9	Conector MOLEX 2P	Un	8	0,40	3,20
10	Conector MOLEX 4P	Un	2	0,60	1,20
11	Conector MOLEX 8P	Un	2	0,85	1,70
12	Cristal 4 MHz	Un	1	0,60	0,60
13	Diodo 1N4007	Un	5	0,05	0,25
14	Disipador de calor	Un	2	0,70	1,40
15	Espadín hembra	Un	1	0,75	0,75
16	Espadín macho	Un	2	0,87	1,74
17	Fusible para placa	Un	1	0,06	0,06
18	Jumper	Un	6	0,15	0,90
19	LCD 16x2 luz posterior azul	Un	1	7,50	7,50
20	Leds 3 mm. 4 verdes, 3 rojos, 1 azul	Un	8	0,10	0,80
21	MAX485	Un	1	0,75	0,75
22	Memoria serial 24AA512	Un	1	2,50	2,50
23	Módulo BV4218	Un	1	17,00	17,00

Tabla 4.1 Detalle de costo de materiales utilizado en el “HORÓMETRO”

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
24	Módulo RTC	Un	1	35,00	35,00
25	Optotransistores 4N25	Un	4	0,40	1,60
26	PIC18F2525	Un	1	8,50	8,50
27	Portafusible para placa	Un	1	0,40	0,40
28	Pulsador para placa	Un	1	0,12	0,12
29	Regulador de voltaje de 12V LM7812	Un	1	0,37	0,37
30	Regulador de voltaje de 5V LM7805	Un	1	0,39	0,39
31	Regulador de voltaje variable LM317	Un	1	0,45	0,45
32	Relé 5V dos polos	Un	3	1,50	4,50
33	Resistencia 1 ohmios 1/4 W	Un	5	0,02	0,10
34	Resistencia 1,8 Kohmios 1/4 W	Un	1	0,02	0,02
35	Resistencia 100 ohmios 1/4 W	Un	2	0,02	0,04
36	Resistencia 120 ohmios 1/4 W	Un	1	0,02	0,02
37	Resistencia 2,2 Kohmios 1/4 W	Un	3	0,02	0,06
38	Resistencia 220 ohmios 1/4 W	Un	1	0,02	0,02
39	Resistencia 3,3 Kohmios 1/2 W	Un	4	0,03	0,12
40	Resistencia 330 ohmios 1/4 W	Un	8	0,02	0,16
41	Resistencia 4,7 Kohmios 1/4 W	Un	1	0,02	0,02
42	Resistencia 560 ohmios 1/4 W	Un	2	0,02	0,04
43	Resistencia 82 ohmios 5W	Un	1	0,15	0,15
44	Teclado matricial 4 x 3	Un	1	6,50	6,50
45	Transistor 2N3904	Un	4	0,08	0,32
46	Zócalo 28 pines	Un	1	0,14	0,14
47	Zócalos 8 pines	Un	6	0,05	0,30
48	Caja mecanizada	Un	1	15,00	15,00
49	PCB controlador (elaboración de placa)	Un	1	13,00	13,00
				SUBTOTAL	124,92
				12% IVA	17,03
				TOTAL	141,95

**Tabla 4.1 Detalle de costo de materiales utilizado en el "HORÓMETRO" –
Continuación**

ENSAMBLAJE					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
50	Suelda	horas	8	2,00	16,00
51	Pruebas	horas	10	2,00	20,00
52	Instalación	horas	0,5	2,00	1,00
				SUBTOTAL	33,03
				12% IVA	3,97
				TOTAL	37,00

Tabla 4.2 Detalle de costo de mano de obra para la implementación del “HORÓMETRO”

INVERSIÓN “HORÓMETRO”			
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO	
1	Materiales para la Elaboración del “HORÓMETRO”	141,95	
2	Ensamblaje	37,00	
		SUBTOTAL	159,78
		12% IVA	19,17
		TOTAL	178,95

Tabla 4.2 Detalle de Costo de Producción “HORÓMETRO”

Por tratarse de un proyecto que pretende demostrar que con tecnología conocida se puede producir tanto horómetros como totalizadores de ciclos a nivel nacional, y no de un proyecto productivo, el costo fue calculado sin tomar en cuenta la inversión inicial del desarrollo del diseño y a costos unitarios de materiales.

Como se puede observar, la inversión de materiales asciende a **141,95 USD** y la mano de obra a **37 USD**. La mano de obra está calculada a un costo de dos dólares la hora, por tratarse de actividades que pueden ser desarrolladas por técnicos.

4.6.2 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS

A nivel nacional las marcas de mayor demanda en los totalizadores de ciclos y horómetros son OMRON y ALLEN BRADLEY, las cuales deben ser importadas por no disponer en el mercado nacional de controladores con las características que ofrecen estas marcas.

A continuación se presenta un cuadro comparativo con las características de los controladores de OMRON, ALLEN BRADLEY y el desarrollado en la presente tesis, denominado HORÓMETRO.

CUADRO COMPARATIVO DE CARACTERÍSTICAS			
CARACTERÍSTICAS	CONTROLADOR EPN	DIGITAL TIMER 700-HX Allen-Bradley	DIGITAL HOUR METER EZM-7750 Omron
Precio	320 USD*	300 USD	320 USD
Rango	0 - 65535	0 - 9999	0 - 9999
Clave de protección	SI	SI	NO
LCD con backlight	SI	SI	NO
Respaldo de energía	SI	NO	NO
Respaldo de información	SI	NO	NO
Interfaz RS-485	SI	NO	SI
Interfaz RS-232	SI	NO	SI
Alarmas programables	3	NO	2
Reset	Manual/Automático	NO	Manual/Automático
Voltaje de alimentación	100-240VAC 19-27 VDC	100-240VAC 24 VDC	100-240VAC 24 VDC
Voltaje de entrada	19-27 VDC	3-30VDC	NO APLICA
Canales de entrada	3	2	2
Canales de salida	3	2	1
<i>*Precio tentativo con una utilidad del 160% sin tomar en cuenta la inversión inicial (diseño del programa)</i>			

Tabla 4.3 Cuadro Comparativo de Características

Como podemos ver, las características de los tres modelos son similares; sin embargo, las ventajas competitivas del “HORÓMETRO” desarrollado son el respaldo de energía que permiten almacenar la información cuando existen cortes de energía, el respaldo de información cuando se ha realizado el reset de los contadores parciales y totales. Además tiene un mayor número de canales para registrar los eventos exteriores, evitando así la adquisición de otro controlador y logrando mayor beneficio. Finalmente, el rango de lectura es mayor, pudiendo leer hasta 6,5 veces más que los dos controladores comerciales.

En cuanto al precio se debe especificar que el costo de producción fue calculado para el desarrollo de un solo controlador por lo que al producir en volúmenes mayores los costos tienden a la baja.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- * El objetivo principal del proyecto, que consistía en diseñar e implementar un Horómetro y tres Totalizadores de Ciclos basados en microcontroladores que permitan realizar el conteo y visualización de variables tales como horas de funcionamiento y ciclos de trabajo de máquinas diferentes, fue cumplido en su totalidad. El Horómetro permite el conteo de 0 a 65535 horas, con una resolución de 1 hora, mientras que el Totalizador permite el conteo de 0 a 16.776.960 ciclos de operación de la cizalla, del puente grúa o de los contrapesos de la mesa de enfriamiento.
- * Todas las señales que se utilizaron para determinar las horas y ciclos de funcionamiento son de 24V_{DC}, las mismas que fueron acondicionadas como entradas con nivel de voltaje TTL, optoacopladas al microcontrolador y son capaces de responder a las señales de duración de 300ms como las de la cizalla. Cada dispositivo cuenta con tres entradas con su respectiva conexión a tierra y leds de color verde que indica de forma visual el estado de las mismas.
- * El PIC18F2525 es un microcontrolador de 8 bits que brinda recursos óptimos para aplicaciones de rápido procesamiento, de fácil adquisición y a un precio accesible. Este microcontrolador se desempeña correctamente en la adquisición de datos entregados por el optoacoplador, lectura del teclado, visualización de las variables en la pantalla del LCD, manejo de la memoria serial, así como la comunicación serial con el computador.
- * La implementación de una batería de respaldo permitió garantizar el respaldo de datos que se encuentran en la memoria flash del microcontrolador y que ante un corte de energía eléctrica se almacenarán en la memoria serial EEPROM.

- * Con el propósito de no reducir los años de vida útil de la batería se requiere limitar la corriente que ingresa a ella en función de su capacidad. Para la batería utilizada, que tiene una capacidad 170mAh, se limitó la corriente a 17mA y se cargó durante aproximadamente 10 horas, siguiendo las recomendaciones del fabricante.
- * Se analizó y seleccionó el módulo RTC, el módulo BV4218 y la memoria serial que son compatible con la interfaz I2C, creando una red de circuitos integrados en la placa construida para utilizar solo dos pines del microcontrolador. Así se economizó los recursos del microcontrolador y se compactó el tamaño de la placa electrónica.
- * La utilización de un teclado matricial a través del módulo BV4218 permitió por una parte, reducir la utilización de los recursos del microcontrolador y por otra ampliar las funciones del equipo, para permitir por ejemplo, el ingreso de claves.
- * Estos dispositivos cuentan con un módulo Reloj en Tiempo Real, que permite al operario, a través del comando 120, visualizar la fecha y hora actuales. Incluyendo también la función de configurar el reloj, a través del comando 217.
- * El equipo cuenta, dentro del programa diseñado con la subrutina "*Menú*", con las posibilidades de realizar las diversas funciones a través de los comandos de visualización, tales como visualizar la horas o ciclos diarios o totales: los comandos de visualización y configuración, como por ejemplo los valores configurados para ID, velocidad de transmisión, set de alarmas, habilitación/deshabilitación de alarmas, número de entradas y comandos para restear los contadores totales y diarios. De tal manera que ha creado una interfaz amigable con el operario y de fácil utilización.
- * Se desarrollo una aplicación en Visual Basic 2005 .Net que permite realizar la adquisición de datos que han sido obtenidos por el Horómetro y el Totalizador de

Ciclos a través del protocolo RS-232 así como también para una red RS-485 de 32 dispositivos.

- * Al ser el mantenimiento una disciplina integradora que ha tenido un desarrollo vertiginoso en la industria y es la encargada de garantizar la disponibilidad del equipamiento y el incremento de la vida útil de los equipos y sus prestaciones, se ha desarrollado una aplicación que permita realizar estas funciones con facilidad y provea datos que necesitan para programar los calendarios de mantenimiento de las máquinas.
- * Con estos fines el programa desarrollado en el computador ofrece la función de filtros o búsquedas a través de los criterio de ID, tipo, fecha, uso, ofreciendo al usuario la posibilidad de trabajar con la base de datos que contiene la información de todos los dispositivos que han sido utilizados, así como realizar gráficas para facilitar la toma de decisiones en la gestión de mantenimiento en función de información almacenada. Finalmente el resultado de la búsqueda puede ser impresa y archivada desde el programa.

5.2 RECOMENDACIONES

- * El equipo está diseñado para registrar una entrada de $24V_{DC}$, y aunque tiene la flexibilidad de registrar las señales de entrada dentro de un rango de $22V_{DC}$ a $26V_{DC}$, se recomienda no sobrepasar estos valores para evitar lecturas falsas de dichas entradas o que puedan dañar el sistema.
- * En el momento del encendido, el equipo se encera automáticamente, pero puede darse el caso que el operario conecte de forma intermitente el equipo en donde se visualizará valores incorrectos de horas o ciclos. Por esta razón es recomendable resetaer el equipo en el encendido o si, por cualquier

circunstancia al encender por primera vez el equipo se visualiza un valor diferente de cero.

- * Tanto el Horómetro como el Totalizador pueden funcionar aún cuando la batería esté descargada, conectándose a la red. Pero se debe evitar dicha situación ya que puede darse el caso de que al desconectarse de la red, el microcontrolador no pueda realizar el respaldo de información, perdiéndose los datos de un día. Una de las señales que indican que la batería está a punto de descargarse totalmente es la opacidad de la pantalla del LCD.
- * Antes de cargar la aplicación para la adquisición de datos, el equipo deberá estar conectado con el puerto serial del computador encendido, ya que el programa carga y utiliza solo los puertos habilitados. Si el equipo es conectado después de cargar la aplicación, éste no será reconocido imposibilitando la comunicación entre ellos.
- * Cuando se trabaja con equipos conectados a la red RS-485 se tiene unos puentes que permiten configurar al equipo como terminador de línea (resistencias de pull-up, pull-down y terminador). Se recomienda verificar que el equipo más lejano al computador esté configurado de esta manera para evitar reflexiones y estados desconocidos que dan problemas en la comunicación.
- * Debido a que en la fábrica existe mucho ruido se recomienda que los equipos estén conectados a la masa de la planta con el fin de evitar que el ruido afecte el correcto desempeño del sistema. Si no se actúa así, un fallo del aislamiento o algún otro accidente puede hacer que algunos elementos queden expuestos a potenciales distintos al de la tierra, con el consiguiente peligro de descarga eléctrica.

6 BIBLIOGRAFÍA

- ∞ **CREUS SOLÉ**, Antonio, Instrumentación Industrial. 6ª Edición. Alfaomega. Barcelona. 1997.
- ∞ **DOEBELIN**, Sistemas de Medición e Instrumentación, 5ª Edición. McGraw Hill. México. 2005.
- ∞ **MSDN LIBRARY ESPAÑOL**. <http://msdn.microsoft.com>
- ∞ **LAKEVIEW RESEARCH**, Jan Axelson's. www.lvr.com
- ∞ **THE CODE PROJECT**. www.codeproject.com
- ∞ **BYVAC**. www.byvac.com
- ∞ **MICROCHIP TECHNOLOGY INC**. www.microchip.com
- ∞ **MAXIM INNOVATION DELIVERED** www.maxim-ic.com
- ∞ **ENCICLOPEDIA LIBRE WIKIPEIA**. www.wikipedia.org.
- ∞ **COMUNIDAD DE ELECTRÓNICOS**. www.comunidaddeelectronicos.com
- ∞ **EL GUILLE, LA WEB DEL VISUAL BASIC, C#, .NET Y MÁS...**
www.elquille.info