ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y DISTANCIA RECORRIDA DE UN AUTOMOTOR

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

IVÁN FRANCISCO OÑA MORALES

DIRECTORA: ING. ANA RODAS

Quito, Noviembre del 2003

DECLARACIÓN

Yo Iván Francisco Oña Morales, 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.

Iván Francisco Oña Morales

AGRADECIMIENTO

Deseo empezar agradeciendo a mis Padres ya que con su apoyo constante y sus sabios consejos me han sabido guiar por el camino del éxito.

De igual manera, fue un gran apoyo, la colaboración del Dr. Luis Gualpa, quien en forma generosa, con paciencia y gran voluntad me supo apoyar en la parte *práctica* de mi Tesis.

A mis amigos gracias por el apoyo brindado

No obstante, el apoyo de Dios fue principal e indispensable, ya que el nunca me ha abandonado ya que él, ha estado presente en todas las adversidades que se me han presentado a lo largo de toda mi vida y en especial en estos últimos meses, ya que nunca me venció la mediocridad, ni la frustración, más bien, la constancia, esfuerzo y dedicación forjaron en mi la conciencia de ser una persona triunfadora, culminando con gran satisfacción mi Tesis de Grado.

Y de manera muy especial agradezco a la Ing. Ana Rodas por su guía para el desarrollo y culminación de este proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres por haber inculcado en mi sentido de la responsabilidad, y la humildad que me hace un ser sensible y práctico en está carrera que será mi vida de ahora en adelante.

CONTENIDO

DECLARACIÒN		ii
CERTIFICACIÓN		iii
AGRADECIMIENTO		iv
DEDICATORIA		v
CONTENIDO		vi
RESUMEN		xv
PRESENTACIÓN		xviii

CAPÍTULO 1

1.	**INTRODUCCIÓN**	1
1.1	SISTEMA MECÁNICO AUTOMÓVIL	4
1.1.1	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	4
1.1.1.1	Transmisión	8
1.1.1.2	Elementos de la transmisión	12
1.1.1.2.1	Embrague	12
1.1.1.2.2	Caja de cambios	13
1.1.1.2.3	Árbol de transmisión	13
1.1.1.2.4	Puente trasero	14
1.1.1.2.5	Juntas homocinéticas	14
1.1.1.2.6	Palieres o semiejes	14
1.1.1.3	Tracción 4x4	15
1.1.1.3.1	Estructura	15
1.1.1.3.2	*Motor*	16
1.1.1.3.3	Transmisión	18
1.1.1.3.4	Suspensión	18
1.1.1.3.5	*Ruedas*	19

1.2	RELACIONES MECÁNICA	21
1.2.1	RELACIÒN DE TRANSMISIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS	21
1.2.1.1	Relación de transmisión de tren de engranajes compuestos	23
1.2.2	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DEL PUENTE POSTERIOR	25
1.2.3	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN TOTAL	25
1.3	RUEDAS Y NEUMÁTICOS	27
1.3.1	*CUBIERTA*	27
1.3.2	LLANTA RUEDA METÀLICA	28
1.3.3	DIMENSIONES DE LOS NEUMÁTICOS	28
1.3.3.1	Radio dinámicamente eficaz (r din)	28
1.3.3.2	Circunferencia dinámica eficaz o Perímetro de rodadura del neumático	29
1.3.3.3	Radio Estático	29
1.3.3.4	Diámetro del neumático	29
1.3.3.5	Anchura nominal	29
1.4	SISTEMAS DE INYECCIÓN	31
1.4.1	SISTEMAS DE INYECCIÓN MECÁNICA (K-JETRONIC)	34
1.4.2	SISTEMAS DE INYECCIÓN MIXTOS (KE-JETRONIC)	34
1.4.3	SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICOS (L-JETRONIC, LE-JETRONIC, MOTRONIC, DIJIJET, DIGIFANT, ETC.)	34
1.4.4	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN SEGÚN EL NÙMERO Y DISPOSICIÓN DE LOS INYECTORES	36
1.4.4.1	Inyecciones Monopunto	36
1.4.4.2	Inyecciones Multipunto	37
1.4.5	CLASIFICACIÒN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN SEGÚN EL NÙMERO DE INYECCIONES Y FORMA DE INYECCIÓN	38
1.4.5.1	Inyección Continua	38
1.4.5.2	Inyección Intermitente o espaciada	38
1.4.5.2.1	Inyección Secuencial	39
1.4.5.2.2	Inyección Semisecuencial	39
1.4.5.2.3	Inyección Simultánea	39

1.4.6 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN SEGÚN EL LUGAR DONDE INYECTAN 40
1.4.6.1 Inyección Directa 40
1.4.6.2 Inyección Indirecta 40
1.4.7 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE TIEMPO DE INYECCIÓN 40
1.5 SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA AUTOMÓVIL 45
1.5.1 PARTES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN AVANZADA PARA AUTOMÓVIL 46
1.5.1.1 Sensores y Acondicionadores de señal 46
1.5.1.2 Tarjeta de procesamiento central 46
1.5.1.3 Unidad de registro 47
1.5.1.4 Unidad de Visualización 47
1.5.2.5 Unidad de interfaz de comunicación Serial 47
1.5.2.6 Código de operación de la tarjeta 47
1.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN AVANZADA COMERCIALES 48
1.6.1 FUNCIONAMIENTO DEL ORDENADOR DE VIAJE (RRE) 49
1.7 SISTEMAS A DISEÑAR 52
1.7.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA A DISEÑAR 52
1.7.2 CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE 53
1.7.3 CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE 54

CAPITULO 2

2. DISEÑO DEL HARDWARE DELSISTEMA 57
2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES BÁSICO DEL SISTEMA PROPUESTO 57
2.2 SENSORIZACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL 60
2.2.1 SEÑAL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE 60
2.2.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE 62

2.2.3	SENSOR DE VELOCIDAD – DISTANCIA	65
2.2.4	*ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE VELOCIDAD - DISTANCIA*	68
2.2.4.1	Diseño del conversor f/V	69
2.2.5	*SENSOR DEL NIVEL DE COMBUSTIBLE EN EL DEPÓSITO*	73
2.2.6	ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE NIVEL DE COMBUSTIBLE	74
2.2.7	*SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR*	75
2.2.8	ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE TEMPERATURA DEL MOTOR	76
2.2.9	*SENSOR DE TEMPERATURA INTERNA*	77
2.2.10	ACONDICIONAMIENTO DE TEMPERATURA INTERNA	78
2.3	MICROCONTROLADOR PRINCIPAL	79
2.4	MICROCONTROLADOR SECUNDARIO	82
2.5	RELOJ DE TIEMPO REAL Y MEMORIA	84
2.6	*PANTALLA DE CRISTAL LIQUIDO (LCD)*	90
2.7	TECLADO	93
2.8	LEDS DE VISUALIZACIÓN	96
2.9	INTERFAZ SERIAL UNIVERSAL ASÍNCRONA	97
2.10	DISEÑO DE LA FUENTE DE PODER	98
2.11	PROTECCIONES	99
2.12	CIRCUITO FINAL IMPLEMENTADO	99

CAPITULO 3

3.	**DESARROLLO DE SOFTWARE**	104
3.1.	SEÑALES PROCESADAS POR EL MICROCONTROLADOR (PIC16F877)	104

3.1.1. COMBUSTIBLE CONSUMIDO 105

3.1.2. *CONSUMO INSTANTÁNEO* 106

3.1.3. VELOCIDAD INSTANTÁNEA 107

3.1.4. DISTANCIA RECORRIDA 108

3.1.5. *COMBUSTIBLE RESTANTE* 110

3.1.6. TEMPERATURA DEL MOTOR 111

3.1.7. TEMPERATURA INTERIOR 112

3.2 *CALCULO DE VARIABLES ADICIONALES* 112

3.2.1. CONSUMO MEDIO 112

3.2.2. TIEMPO TRANSCURRIDO 113

3.2.3. VELOCIDAD MEDIA 113

3.2.4. TIEMPO DE LLEGADA 114

3.2.5. VELOCIDAD MÁXIMA 114

3.2.6. AUTONOMÍA 114

3.2.7. DISTANCIA POR RECORRER 115

3.3 SEÑALES PROCESADAS POR EL MICROCONTROLADOR (PIC16F84A) 115

3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROGRAMAS 115

3.4.1 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA PRINCIPAL 115

3.4.2 INICIALIZACIÓN 116

3.4.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LAS SUBRUTINAS DE INICIALIZACIÓN 119

3.4.3.1 Subrutina de encerado 119

3.4.3.2 Subrutina de retardo 120

3.4.3.3 Subrutina de Inicialización de la Pantalla de Cristal Liquido (LCD) 120

3.4.3.4 Subrutina de Inicialización del Reloj de Tiempo Real DS17887-5 123

3.4.3.5 Configuración de los registros de comunicación serial asincrónica 125

3.4.3.6 *Configuración de los temporizadores* 126

3.4.3.7 Subrutina de configuración de la distancia a recorrer 127

3.4.3.8 Subrutina de cálculo de los metros a sumar 129

3.4.3.9 Subrutina de cálculo de la Constante de Velocidad Instantánea 130

3.4.3.10	Subrutina de cargar valores por defecto	130
3.4.3.11	*Subrutina de cargar conjunto de valores de trayectos largos*	131
3.4.4	DIAGRAMAS DE FLUJO DE LAS RUTINAS DE SERVICIO DE INTERRUPCIONES	133
3.4.4.1	*Subrutina de Servicio a la Interrupción por Cambio de Estado (Teclado)*	133
3.4.4.2	Subrutinas de Servicio a la Interrupción del Temporizador 2	137
3.4.4.2.1	Subrutina de Tiempo Transcurrido	137
3.4.4.2.2	Subrutina de Velocidad Media	141
3.4.4.2.3	Subrutina de Consumo Medio	142
3.4.4.2.4	Subrutina de Registro de frecuencia proporcional a la apertura de los inyectores	143
3.4.4.2.5	Subrutina de Servicio a la Interrupción por desbordamiento del *Temporizador / Contador 0 (Distancia Recorrida)*	144
3.4.4.2.6	Subrutina de Servicio a la Interrupción Externa RB0 (Combustible Consumido)	145
3.4.4.2.7	Subrutina de Servicio a la Interrupción por Recepción Serial	146
3.4.5	DIAGRAMAS DE FLUJO DE SUBRUTINAS ADICIONALES	151
3.4.5.1	Subrutina de escritura en el LCD	151
3.4.5.2	Subrutina de escritura del Reloj de Tiempo Real	152
3.4.5.3	Subrutina de lectura del Reloj de Tiempo Real	153
3.4.5.4	Subrutina de Visualización de códigos ASCII	154
3.4.5.5	Subrutina de Visualización de Mensajes	156
3.5	MENÚ DE TECLADO	157
3.6	SUBRUTINAS DE PANTALLAS DE VISUALIZACIÒN	159
3.6.1	Subrutina de Visualización del Consumo Instantáneo en [l/100Km]	159
3.6.2	*Subrutina de Visualización del Consumo Medio en [l/100Km]*	160
3.6.3	Subrutina de Visualización de la Velocidad Instantánea en [Km/h]	162
3.6.4	Subrutina de Visualización de la Hora y Fecha del sistema	163
3.6.5	*Subrutina de Visualización del Tiempo Transcurrido*	165
3.6.6	Subrutina de Visualización de la Velocidad Media [Km/h]	166

3.6.7	Subrutina de Visualización de Consumo Instantáneo en [l/h]	167
3.6.8	*Subrutina de Visualización Velocidad Máxima [Km/h]*	167
3.6.9	Subrutina de Visualización de Combustible Consumido [litros]	168
3.6.10	Subrutina de Visualización de Distancia Recorrida [Km]	169
3.6.11	Subrutina de Combustible Restante [litros]	171
3.6.12	Subrutina de Autonomía en [Km]	171
3.6.13	Subrutina de Distancia por Recorrer [Km]	172
3.6.14	Subrutina de Tiempo de Llegada	173
3.6.15	Subrutina de Temperatura del Motor [°C]	174
3.6.16	*Subrutina de Temperatura Interna [°C]*	174
3.7	INTERFAZ VISUAL DEL SISTEMA DEL INFORMACIÓN (PC)	175
3.7.1	MANEJO DE ARCHIVOS	179
3.7.2	CONEXIÓN CON EL PUERTO SERIE	181
3.7.3	PROTOCOLO DE CONEXIÓN	183
3.7.3.1	Comandos	186
3.7.3.1.1	Comando *Leer Memoria*	187
3.7.3.1.2	Comando *Borrar Memoria*	188
3.7.3.1.3	Comando *Parámetros de Calibración*	189
3.7.3.1.4	Comando *Desconectar*	190

CAPITULO 4

4.	**ANÁLISIS ECONÓMICO**	192
4.1	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS USADOS	192
4.2	DESARROLLO DE SOFTWARE	195
4.3	PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO DE SIA	196
4.3.1	EVALUACIÓN DE RECURSOS EMPLEADOS	199

CAPITULO 5

5. PRUEBAS Y RESULTADOS 201

5.1 ELEMENTO DE PRUEBA (AUTOMÓVIL CHEVROLET ALTO) 201

5.2 PRUEBAS DE OPERACIÓN 202

5.2.1 PRUEBAS DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACION [SIA] 202

5.2.1.1 Prueba de calibración de la medición de combustible restante 203

5.2.1.2 Prueba de calibración de la medición de distancia recorrida 205

5.2.1.3 Prueba de calibración de la medición de velocidad instantánea 206

5.2.1.4 Prueba de calibración de la medición de temperatura del líquido refrigerante del motor 206

5.2.1.5 Prueba de calibración de la medición de temperatura interior 207

5.3 PRUEBAS DE RENDIMIENTO DEL AUTOMÓVIL 209

5.3.1 PRUEBA EN CICLO URBANO (DENTRO DE LA CIUDAD) 209

5.3.2 PRUEBA EN CICLO EXTRAURBANO 212

5.3.3 PRUEBAS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA EL AUTOMOVIL SEGÚN LA DIRECCIÓN DE TRANSPORTE CONAE DE MÉXICO 216

5.3.4 ANÀLISIS DE LOS FACTORES DE RENDIMIENTO DE LOS AUTOMOTORES 218

5.4 FOTOGRAFIAS Y UBICACIÓN DEL SIA 221

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 225

6.1 CONCLUSIONES 225

6.2 RECOMENDACIONES 226

BIBLIOGRAFÍA 229

ANEXOS

Especificaciones del PIC16F877

Especificaciones del C.I. DS17887-5

Especificaciones del C.I. LM2917

Especificaciones del C.I. LM35

Pruebas para determinar el consumo de combustible para el automóvil (Dirección de Transporte CONAE)

RESUMEN

Este proyecto de titulación está pensado para aquellos que ven en el automóvil algo más que un medio de transporte y no se conforman con la escueta información que proporciona el cuadro de un turismo, sino que quieren obtener del mismo el máximo rendimiento y conocer parámetros adicionales que le permitirán optimizar consumos, hacer estimaciones en largos viajes e incluso evitar futuras averías en su vehículo.

En los automóviles de alta gama y de algunas marcas, suelen incorporarse pantallas de información donde se suministran datos acerca de los consumos, la *autonomía*, medias de velocidades, distancias, tiempos, etc. Estos datos son de utilidad en trāyectos medio largos, donde la estabilidad de la velocidad permite una optimización muy razonable del consumo de combustible. Además de estas informaciones, el conductor puede conocer estimaciones sobre la duración del viaje, la hora de llegada o la autonomía en kilómetros con el combustible restante en el depósito. Aprovechando la disponibilidad de la pantalla de información, ésta *puede* complementarse con informaciones sobre temperaturas, revoluciones, kilometrajes parciales, o incluso la velocidad instantánea.

Esta Tesis se plantea el diseño y construcción de un sistema de medición e información de parámetros representativos del automóvil. Se presenta un sistema de adquisición inteligente, configurable por el usuario final en su gran parte, basado en un microprocesador.

Se explica el desarrollo del sistema desde su concepción, diseño, construcción, y programación tanto de algoritmos de cálculo de los diferentes parámetros a visualizar en la interfaces gráficas (LCD y PC), concluyendo con la implementación y pruebas efectuadas al sistema ya montado en el automóvil.

En el Capítulo 1, se presenta generalidades acerca de los diferentes sistemas que se pueden incorporar en los vehículos, sistema mecánico del automóvil, relaciones mecánicas, sistema de inyección, llantas y neumáticos, y por último se incluye información de los sistemas de información avanzada para automóviles. Basándose en la información expuesta se plantea el diseño del sistema de información para automóvil [SIA].

En el Capítulo 2, se presenta el diseño de hardware de la manera más simple y completa posible, para que permita realizar ampliaciones en trabajos posteriores.

En el Capítulo 3, se presenta el diseño del software desarrollado para el funcionamiento del Sistema de Información para Automóvil [SIA], expuesto en los diferentes diagramas de flujo, y también el software de interfaz grafica que permite la calibración del sistema y la descarga de datos. Adicionalmente se incluye las pantallas de información presentadas en el Display de Cristal Liquido [LCD] en diferentes estados de funcionamiento del sistema.

En el Capítulo 4, se encuentra el análisis económico que servirá como referencia para que el lector tenga bases de comparación con los diferentes sistemas comerciales que vienen ya incluido en los automóviles de gama alta.

En el Capítulo 5, se describen las diferentes pruebas realizadas para verificar el correcto funcionamiento del sistema, poniendo más énfasis en los objetivos que fueron planteados en la aprobación del tema.

Finalmente en el Capítulo 6, se incluyen las conclusiones y recomendaciones obtenidas luego del diseño, construcción, programación de los diferentes algoritmos de cálculo implementados y de las pruebas realizadas hasta la consecución del presente proyecto.

En los anexos se incluye la documentación de los elementos más representativos empleados en el desarrollo del prototipo y que contribuye a ayudar a una mejor comprensión del mismo

PRESENTACION

Vivimos en un mundo cambiante, lo que antes era moderno hoy se asemeja a la prehistoria; los cambios son tan frecuentes que la tecnología pierde actualidad con una velocidad alarmante. Hoy día, en la llamada era de la informática, los cambios se suceden aún con mayor velocidad, es imperativo mantenerse al día tanto como sea posible. En algunos círculos se piensa que no tiene sentido que un país tercermundista se enfrasque en una carrera tecnológica contra las superpotencias, pues quizá sea ésta una carrera ya perdida.

Se motiva a los profesionales a concentrarse en áreas en que la competencia pueda ser más equitativa, en disciplinas donde la diferencia tecnológica no juegue un rol primordial. La carrera tecnológica sólo se pierde cuando no se hace intento alguno por evitarlo, el intento debe realizarse, toda la formación de un ingeniero va encaminada a brindar soluciones. Estas soluciones quizá no puedan ponernos al frente en la carrera tecnológica pues la brecha es grande, pero cada problema resuelto, cada ingeniosa solución, cada diseño funcional acorta esta brecha.

La era de la información exige soluciones a problemas basados en el manejo de la información, transmitirla más rápido, de manera más eficiente, reducir su tamaño preservando el contenido, procesar cantidades mayores de información en un tiempo cada vez menor, almacenar la información, representarla haciéndola comprensible al ojo humano, obtenerla y controlarla.

Obtener la información parece tarea fácil, pues la información nos rodea, estamos sumergidos en la información, percatándonos sólo de la más evidente. Los datos que componen la información se encuentran a nuestro alrededor todo el tiempo; solo hace falta

poder tomar estos datos, convertirlos y procesarlos para que nos sean útiles, para poder interpretar su significado, pues en esta información puede estar la solución a nuestros problemas, pero raramente en una forma evidente, hay que reconocer la información útil y poder separarla del resto que sólo la encubre.

La tarea de encontrar la solución en un mar de información no es fácil, pero un ingeniero fue educado para desarrollar tareas y resolver problemas difíciles así como los sencillos.

En la actualidad en el área de la electrónica un ingeniero no está sólo, cuenta con ayuda, dispositivos capaces de efectuar las más sencillas operaciones pero a velocidades asombrosas, la microelectrónica ha evolucionado de forma tal que ya es posible construir sistemas de procesamiento de información que rivalicen con las capacidades del cerebro humano. Pero esto no deja de ser tan sólo una ayuda, sólo una herramienta que simplifica el trabajo, pero trabajo que a fin de cuentas debe ser realizado por el ingeniero humano.

La presente tesis representa un esfuerzo por acortar la brecha al primer mundo, un desarrollo de tecnología propia que ayude en alguna medida a la futura eliminación de dependencia tecnológica. La construcción de un instrumento que sea comparable a los costosos desarrollos construidos por equipos de ingenieros del primer mundo con todas las facilidades que para ellos representa. Pues, no debe darse por perdida la carrera antes de iniciar. El ingenio, el valor para emprender un reto y la superación, no son patentes de ninguna nación.

CAPITULO 1
INTRODUCCIÓN

Los coches juegan un importantísimo papel dentro de los sistemas de transportes de los que disponemos hoy en día. El coche es el medio de locomoción más utilizado, lo que da lugar a diversos problemas: congestión de tráfico, aumento del número de accidentes, aumento de la contaminación, etc.

Para solventar estos problemas, los gobiernos y las industrias, entre otros, están desarrollando Sistemas Inteligentes de Transporte, que consisten en dotar a los vehículos de avanzadas tecnologías electrónica e informática y equipar carreteras con sistemas compatibles con el funcionamiento de esos sistemas instalados en los vehículos. Estos sistemas intentan descongestionar el tráfico y dotar de mayor seguridad y confort al conductor en la carretera.

La SAE (Sociedad de Ingenieros para la movilidad avanzada en tierra mar aire y espacio) estableció ya en 1991 un plan para mejorar los defectos del mundo del automóvil. Este trabajo se centró en:

- Navegación.
- Seguridad y factores humanos.
- Sensores.
- Base de datos de mapas.
- Sistemas de información para el viajero.

La SAE. ha confeccionado una amplia clasificación de los sistemas que se pueden incorporar en los vehículos. Esta clasificación tiene tres categorías: vehículo básico, protección y seguridad, información y entretenimiento.

Vehículo Básico

- Comodidad y conveniencia (Visualizadores Adaptables, Comodidades Adaptables).
- Advertencia de bajo rozamiento y control asistido.
- Diagnóstico de Vehículos y notificación (propietario / concesionario).
- Control del tren de energía.
- *Ayuda en la frenada.*
- Administración de Energía (Vehículos Eléctrico/Híbrido).
- Visión Nocturna.
- Control de Iluminación.
- Control de Chasis (Estabilidad mejorada, elevación – ajustable, suspensión – activa y semí - activa).
- Características de conducción.
- Restricción Inteligente y sistema de protección del ocupante.

Protección y seguridad

- Advertencia / Anulación de Colisión (Delantera, Posterior, carril (de calzada), *Abandono de carretera*).
- Cambio / Unión, intersección, cruce de ferrocarril, vehículo múltiple.
- Visión mejorada (Noche e inclemencia del tiempo).
- Localización - específica alerta y advertencia.
- Notificación de colisión y gravedad de la misma en forma automática.
- Control de velocidad variable (Acelerador / transmisión y/o intervención de frenos).
- Control Lateral (Conducción asistida, mantención en el carril).
- *Condición del Conductor (Supervisión / Advertencia).*
- Detección de (Obstáculo / Peatón).
- Registrador de eventos seguros.
- Seguridad de Personal (Identificación, Llamada de Socorro).

- Seguridad del vehículo (Rastreo y recuperación).

Información y entretenimiento

- Navegación y guía de ruta.
- *Información en tiempo real (Tráfico, Noticias, Junta de negocios, Internet / e-*mail).
- Entretenimiento (Televisión / radio, A bordo).
- Transacciones automáticas (Peaje, Compras).
- Sondeo de tráfico (reporte de posición).
- Comunicaciones (Transmisión / Recepción, dos formas).
- Almacenamiento de información en bases de datos a bordo.
- Servicios en demanda (Cerradura para la puerta, Encendido y apagado de *Luces, Rastreo y recuperación de vehículos*).

Los sistemas que se mejoran en las funciones correspondientes a la categoría *vehículo básico como: arranque, frenado, conducción y controlador de energía, son* la base para las otras dos categorías. Incluyen confort y características convenientes como sistemas de estabilidad y control de chasis.

Las funciones de la segunda categoría *protección y seguridad* son aquellos que se incorporan al vehículo para aportar una mayor seguridad al vehículo y viajeros. Entre ellos destacan el dispositivo que avisa y evita una colisión, dispositivos de control lateral para la dirección asistida, y dispositivos de seguridad para vehículos y pasajeros. Estos sistemas todavía se están desarrollando pero se espera que en *pocos años ya existan algunos coches que los utilicen.*

La tercera categoría pretende potenciar la *información y el entretenimiento* para el *vehículo, conductor y pasajeros. Esta información incluye la localización del vehículo,* instrucciones de la ruta a seguir, servicios como localización de hospitales, hoteles, estaciones de servicio y otras informaciones de carácter general como la

meteorología, condiciones de la carretera y localización de congestiones en tiempo real.

Una tecnología que engloba las tres categorías anteriores es el Sistema Automatizado de Carretera (AHS). El AHS consiste en una autopista especialmente preparada donde los coches son controlados automáticamente, es decir, la dirección, el freno y el acelerador son controlados por el sistema, no por el conductor.

Los sistemas de información que proporcionan datos de: consumo de combustible, distancia recorrida, tiempo de viaje transcurrido, autonomía (la distancia que se podría recorrer en kilómetros con la cantidad de combustible restante en el depósito), distancia que falta por recorrer, tiempo de llegada, etc., que ayudan a confirmar el correcto funcionamiento del vehículo, a saber un tiempo estimado para llegar a un sitio establecido por el conductor, están en la categoría de información y entretenimiento, dado que el sistema está concebido para brindar al conductor información relevante que le permita optimizar el consumo de combustible y adicionalmente le permita prever daños futuros.

Con el fin de entender el funcionamiento de un sistema de información para automóviles, es necesario en primera instancia familiarizarse con el sistema mecánico y las relaciones existentes para luego identificar los sensores y su operación y entender los sistemas de inyección que poseen actualmente los autos.

1.1 SISTEMA MECÁNICO DEL AUTOMÓVIL

1.1.1 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Cualquier automóvil cuenta con un motor de explosión. Este motor produce un continuo movimiento giratorio, y es en última instancia el encargado de que el coche se desplace. Para lograr el desplazamiento es preciso transmitir el ya mencionado

movimiento giratorio del motor hasta las ruedas, que son las que están en contacto con el suelo y que al girar provocan el desplazamiento del automóvil.

Durante el funcionamiento normal de un motor convencional éste gira entre cero y 6000 vueltas por minuto: Cero con el motor parado y 6000 antes de entrar en la zona de riesgo de gripaje del motor. Se puede establecer que en un régimen normal (se llama régimen a la velocidad de giro del motor), el motor gira a 3.000 vueltas o revoluciones por minuto (RPM). Si el motor estuviese directamente acoplado a las ruedas, éstas no tendrían más remedio que girar también a 3.000 vueltas por minuto. Dado que un neumático común tiene un desarrollo de 1.89 m (185/70 SR 14), se supone que en cada vuelta de las ruedas motrices se obtiene un desplazamiento del vehículo de 1.89 m, y se calcula la velocidad de marcha de la siguiente forma:

$$V = \frac{120 \cdot \pi \cdot r_{din} \cdot n}{1000} \quad Ec\ 1.1$$

$$V = \frac{60 \cdot C_n \cdot n}{1000} \quad Ec\ 1.2$$

$$V = \frac{60 \cdot \pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad Ec\ 1.3$$

Donde:

V = Velocidad de marcha o instantánea en Km/h

d = Diámetro exterior del neumático en m

n = Número de revoluciones por minuto de la rueda

r_{din} = Radio dinámico del neumático en m

C_n = Perímetro de rodadura del neumático o circunferencia dinámica eficaz en m

Aplicando la ecuación 1.2 se calcula la velocidad de marcha de la siguiente forma:

$$V = \frac{60 \cdot 1{,}89 \cdot 3000}{1000} = 340{,}2\ Km/h$$

Obteniéndose una velocidad de desplazamiento del vehículo de 340,2 kilómetros por hora.

La velocidad de giro del motor varía en función de la mayor o menor mezcla que se suministra al carburador, y esto depende de cuánto se pisa el pedal del acelerador. El mecanismo fundamental encargado de regular la velocidad de giro que se transmite a las ruedas, en función de la velocidad del motor, es **la caja de cambios**.

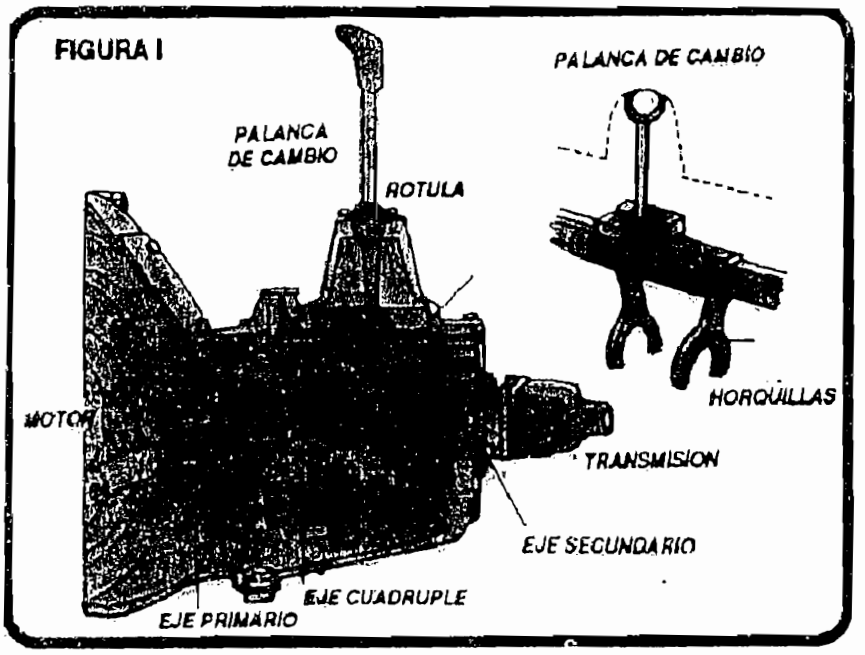


Figura 1.1. Caja de cambios

La caja de cambios no es más que una caja donde se encuentran una serie de piñones o ruedas dentadas cuyo fin es el de poder reducir la velocidad de giro de las ruedas con respecto a la de giro del motor, para adecuarla a las necesidades de cada momento.

Al acoplar un engranaje de mayor tamaño al eje de salida del motor. Para una misma velocidad de giro del motor las ruedas producirán un desplazamiento menor cuanto mayor sea el nuevo engranaje acoplado.

Para acoplar y desacoplar entre sí estos engranajes, cuyas velocidades de giro son muy elevadas y diferentes, no queda otra alternativa que separarlos un instante del giro del motor, por lo que hay que intercalar entre el motor y la caja de cambios un elemento que se encargue de realizar esta desconexión. Esta es la misión del **embrague**.

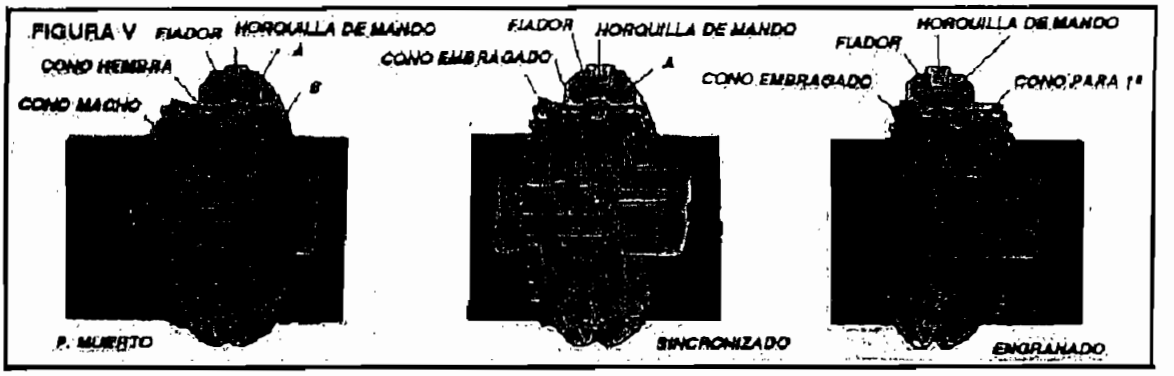


Figura 1.2. Embrague

Por medio de resortes, guías y discos de rozamiento, la caja de cambios queda desconectada del motor (desembragada) y el automóvil se desplaza únicamente por inercia. Por lo tanto cada vez que se quiera cambiar la marcha del coche se tendrá que pisar el pedal del embrague (desembragar) de tal forma que se desacople la caja de cambios del giro del motor. Una vez hecho esto ya es posible conectar una marcha cualquiera para posteriormente volver a embragar el motor. Normalmente, después de la caja de cambios suele estar otro conjunto de engranajes, que constituyen el **puente posterior**. Todos estos elementos componen la cadena de transmisión.

1.1.1.1 Transmisión

En los automóviles convencionales sólo dos de las cuatro ruedas que tiene, transmiten el movimiento, es decir, sólo dos ruedas son "motrices". Son precisamente estas ruedas motrices las que están acopladas al motor mediante la cadena de elementos que constituyen la transmisión.

En los vehículos de tendencia moderna suelen ser motrices las ruedas delanteras, *pero no siempre esto es así*, y *hasta hace bien poco lo habitual era que las traseras* fueran las ruedas motrices. Aún circulan por nuestras carreteras los llamados automóviles de tracción posterior. Todavía son muchos los fabricantes que consideran la tracción trasera como ideal y perdura la vieja polémica entre ventajas e inconvenientes de la tracción trasera; lo cierto es que cada día son más los vehículos fabricados con tracción delantera. El tener tracción y dirección en la parte delantera evita tener pérdida de potencia por fricción.

En lo que casi todo el mundo está de acuerdo es en que la situación óptima para la *ubicación del motor es la parte delantera del coche; por lo tanto se puede establecer* tres posibilidades:

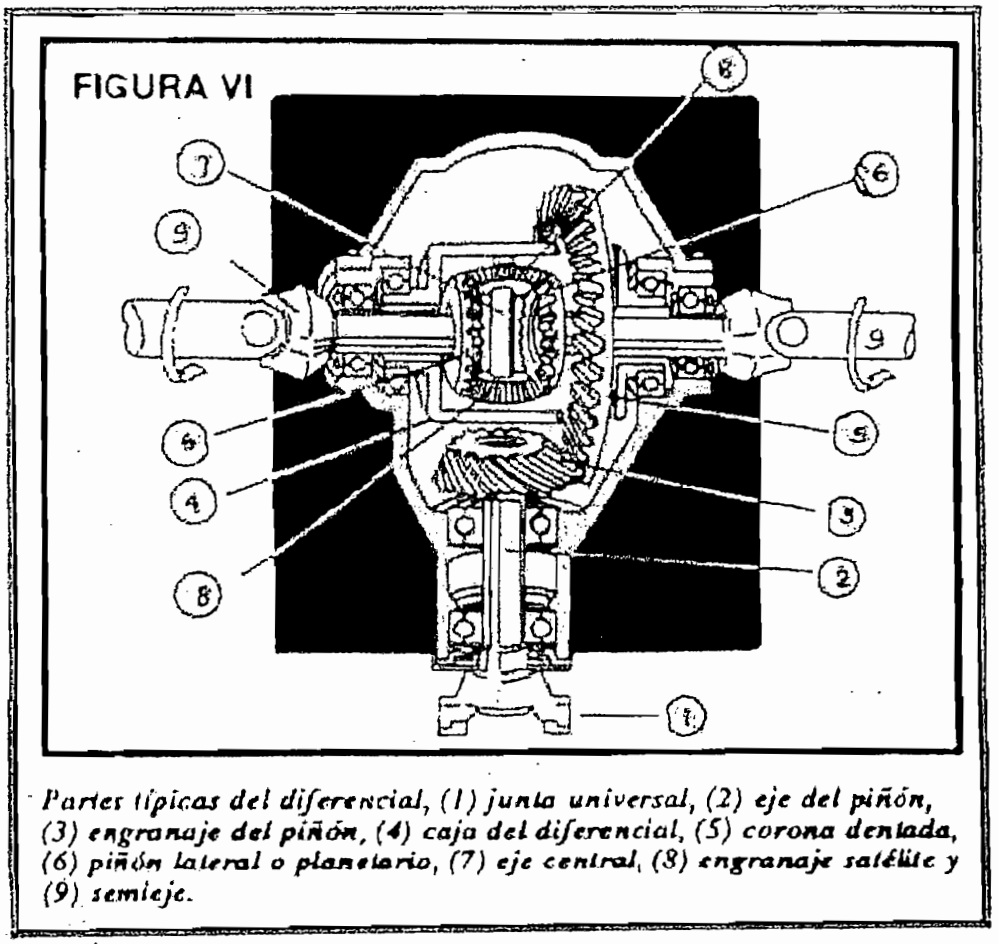
- Motor en la parte delantera y tracción delantera.
- Motor en la parte delantera y tracción trasera.
- Motor en la parte de atrás y tracción trasera.

La configuración en la que el motor estaría en la parte trasera y la tracción fuera *delantera está absolutamente descartada.*

En un automóvil de tracción trasera y motor delantero hace falta un **árbol de *transmisión*** *que una el conjunto motor-embrague-caja de cambios al cuarto* elemento: el puente posterior. Suele ser característico de esté tipo de automóviles el

"puente", que recorre todo el habitáculo en el centro en sentido longitudinal y que todo el mundo recuerda aunque cada día va quedando menos coches de esté tipo.

En el puente posterior, además del engranaje reductor que recibe el nombre de ***grupo cónico*** porque se trata de un "piñón" de ataque de forma cónica frente a una corona, ambos de **dientes helicoidales**, se encuentra un juego de engranajes dispuestos vertical y horizontalmente en forma planetaria, que recibe el nombre de **diferencial** y mediante el cual se logra el efecto de que las ruedas interiores, al tomar una curva el vehículo, recorran menos espacio que las exteriores, consiguiendo así un comportamiento en curva muy superior y exento de movimientos deslizantes extraños.



Partes típicas del diferencial, (1) junta universal, (2) eje del piñón, (3) engranaje del piñón, (4) caja del diferencial, (5) corona dentada, (6) piñón lateral o planetario, (7) eje central, (8) engranaje satélite y (9) semieje.

Figura 1.3. Partes típicas del diferencial.

Es importante resaltar la importancia que tiene el diferencial en los automóviles. Si no dispusieran del citado elemento, las ruedas del eje tractor tendrían que girar las dos a la misma velocidad, velocidad que vendría impuesta por la cadena de transmisión. Esto que en principio no parece ningún problema sí que lo es, ya que a la hora de circular en curva la rueda que fuera por el exterior tendría que recorrer una distancia mayor que la que va por dentro de la curva; esté efecto haría que la rueda que circula por el exterior de la curva deslizara, con los consecuentes efectos negativos de desgaste de rueda y falta de control sobre el vehículo.

Con el diferencial se consigue evitar esté deslizamiento, ya que dicho mecanismo permite a las ruedas del eje tractor girar a distinta velocidad. De este modo al llegar a una curva la rueda que va por el exterior puede girar más rápido que la va por el interior, recorriendo de esté modo una distancia mayor.

Por último, el conjunto grupo cónico diferencial (que se puede llamar "puente trasero") está unido a las ruedas mediante **palieres** o semiejes. Todas las ruedas de un automóvil no sólo tienen un movimiento circular que produce el desplazamiento del automóvil, sino que tienen una serie de movimientos oscilantes, en función de las irregularidades de la carretera, movimientos que regula el sistema de suspensión. Como el puente trasero va enlazado al bastidor por medio de las ballestas, sus oscilaciones hacen que el árbol de transmisión no esté siempre en exacta prolongación con el secundario de la caja de cambios, sino que formará ángulos variables aunque siempre próximos a los 180º.

Por este motivo se necesita un tipo de elemento que sea capaz de unir dos ejes que se cortan en el espacio formando un ángulo, y de transmitir potencia a través de dicha unión. Estos elementos son las juntas universales, que permiten transmitir el giro sin dificultad, y además permiten compensar las diferencias de distancia o longitud que las oscilaciones producen entre el engranaje trasero y la caja de velocidades. Las juntas universales son de dos tipos: Flexibles y Cardan.

Figura 1.4. Junta Universal Flexibles y Cardan

Hay otro problema que surge si se quiere que las ruedas motrices sean las *delanteras (que en todas las configuraciones son las directrices).* El problema consiste en que además de transmitir la potencia al suelo mediante su giro, han de tener un movimiento vibratorio para absorber las imperfecciones que puedan existir en el terreno. Además de esto, tienen que ser capaz de girar alrededor del eje vertical un determinado ángulo para variar la dirección de movimiento del vehículo. El problema se soluciona con la utilización de las denominadas juntas homocinéticas o trócolas, que son capaces de permitir a las ruedas todos estos grados de libertad a la vez que se les está transmitiendo potencia.

Esta es, en síntesis, la **transmisión**: Un conjunto de órganos, cada uno formado por varios elementos, que permiten el desplazamiento final del automóvil, partiendo del giro que produce el motor.

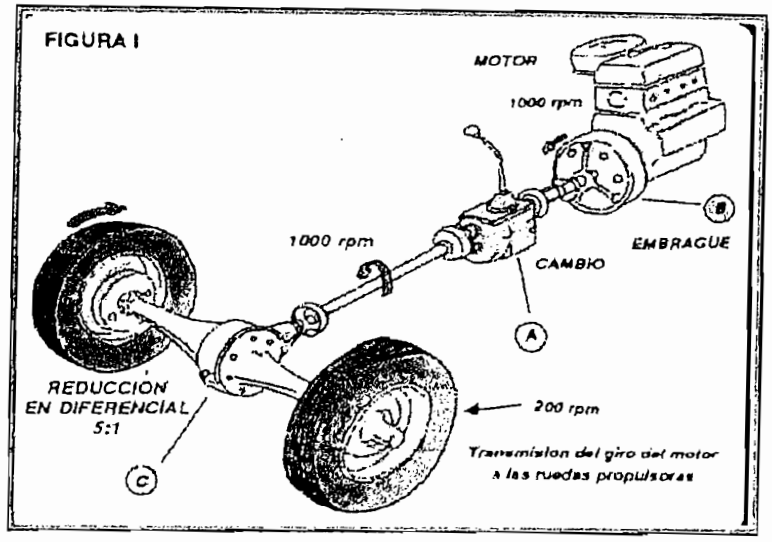


Figura 1.5. Síntesis del sistema de transmisión

1.1.1.2 Elementos de la transmisión

Se procederá ahora explicar los elementos que componen la cadena de transmisión, que son: embrague, caja de cambios, árbol de transmisión, puente trasero, juntas homocinéticas y palieres o semiejes.

1.1.1.2.1 Embrague

Es un conjunto de piezas que permite conectar o desconectar el motor de la caja de cambios para que sea posible llevar a cabo un cambio de marchas, así como la puesta en movimiento del automóvil. Al apretar con el pie el pedal del embrague se está desembragando, es decir, separando los elementos del embrague, quedando la caja de cambios desconectada del motor. El cigüeñal y el eje de entrada a la caja de cambios quedan desacoplados. Tras haber cambiado de marcha se va soltando paulatinamente el pedal del embrague de modo que se comienza a transmitir potencia al eje tractor con la nueva relación de velocidades.

1.1.1.2.2 Caja de cambios

Es un conjunto de engranajes, generalmente cinco y uno de retroceso, que posibilita variar el giro del motor (y, por lo tanto, su potencia) sin necesidad de alterar la velocidad real del automóvil. Hay dos tipos de cajas de cambios: la manuales y las automáticas. En las primeras es el propio conductor el que selecciona en cada momento el esfuerzo de tracción que necesita el vehículo para el tipo de trabajo que tiene que hacer, es decir, para mantener un determinado ritmo de marcha o para vencer las dificultades que pueda presentar la ruta seguida. En el segundo caso, cuando la caja es automática, dispone de los mecanismos para que, sin la intervención del conductor, se vayan produciendo las alteraciones en los engranajes para que el ritmo de marcha se mantenga.

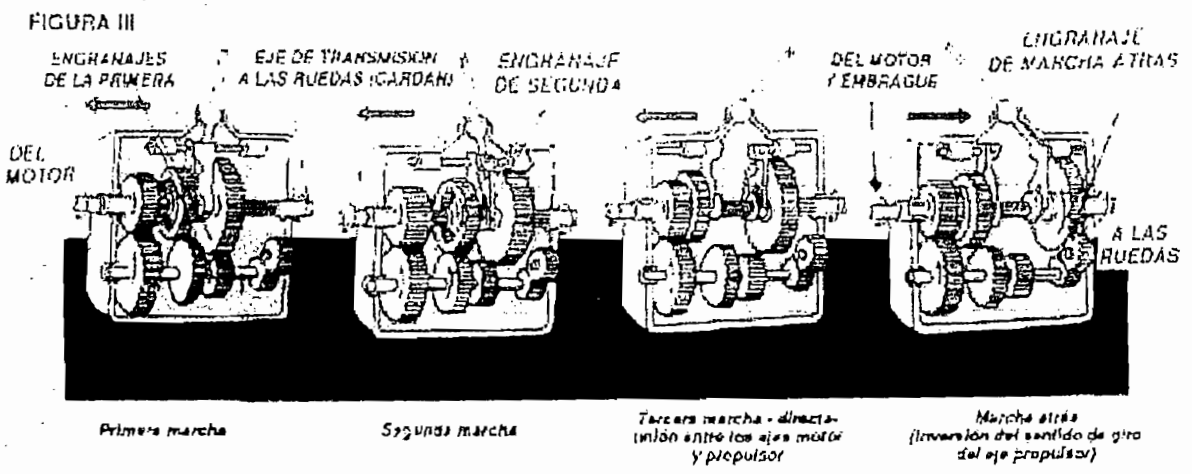


Figura 1.6. Marchas de la Caja de Cambios

1.1.1.2.3 Árbol de transmisión

Es la conexión entre el conjunto motor-embrague-caja de cambio y las ruedas motrices posteriores, encargadas de proporcionar la tracción trasera (en caso de que sea esta la configuración elegida).

Los vehículos que tienen tracción delantera con motor también delantero o tracción trasera, pero con motor atrás, no precisan árbol de transmisión. Éste es necesario únicamente cuando el motor y las ruedas motrices no están en el mismo lugar del vehículo.

1.1.1.2.4 Puente trasero

Lo forman un conjunto de engranajes que reducen la velocidad de giro a una inferior, junto con otro dispositivo también de engranajes que permite que las dos ruedas de tracción realicen en las curvas distintos recorridos.

Cumple, por lo tanto, dos funciones principales: Por un lado conseguir reducir la velocidad de giro que es transmitida a las ruedas; y por otro, que las ruedas del eje tractor no giren a la misma velocidad en las curvas.

1.1.1.2.5 Juntas homocinéticas

Acoplamiento entre dos elementos giratorios (palier y rueda) cuyos ejes de giro tienen necesariamente que formar un ángulo, ya que las ruedas, además de un movimiento de rotación, tienen otro de oscilación en sentido vertical producido por las irregularidades de la carretera.

1.1.1.2.6 Palieres o semiejes

Son ejes que unen el puente posterior a las ruedas, enlazados mediante juntas homocinéticas, y transmisores en última instancia del giro del motor a las ruedas.

Aunque lo habitual en los automóviles de turismo es que la tracción sea únicamente a dos de las ruedas (delanteras o traseras), los llamados "todo terreno" cuentan también con un mecanismo que les permite convertir en tractoras las cuatro ruedas.

Lo normal en este tipo de vehículos es que no utilicen esa posibilidad en todo momento y que, en situación de circulación normal, lo hagan con la tracción trasera.

Únicamente se emplea la tracción a las cuatro ruedas cuando las dificultades del terreno así lo exigen.

1.1.1.3 Tracción 4 x 4

Los vehículos destinados a circular por todo terreno presentan una serie de características de entre las cuales la más conocida es la de poseer tracción en los dos ejes, anterior y posterior. Con las cuatro ruedas motrices, esta clase de vehículos cuenta con una capacidad de adherencia considerablemente mayor que los automóviles con tracción únicamente en un eje, lo que les permite desenvolverse con facilidad por terrenos abruptos, embarrados y arenosos.

Pero aparte de la tracción total, los todo-terrenos muestran un diseño con miras a mejorar sus posibilidades sobre terrenos difíciles, manteniendo a la vez una fiabilidad mecánica elevada. El denominador común de estos vehículos es una robustez muy superior a la de los automóviles convencionales, calculada para resistir el duro trato que representa para la mecánica la marcha por terreno accidentado.

Las diferencias más corrientes respecto a los automóviles normales se pueden condensar en los siguientes apartados.

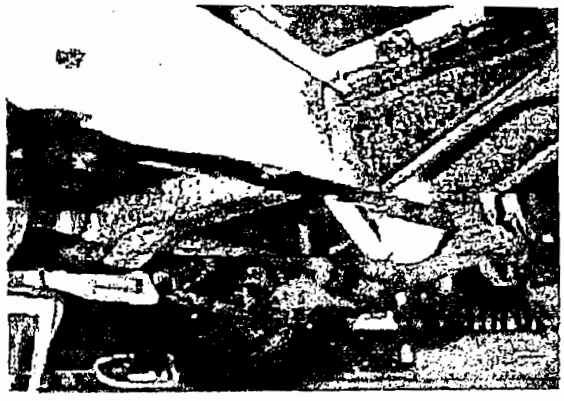
1.1.1.3.1 Estructura

A diferencia de los turismos de carretera, hoy en días casi todos equipados de carrocería monocasco, los todo-terrenos suelen contar con un robusto bastidor independiente, sobre el que van anclados los conjuntos mecánicos, así como una carrocería también espacialmente sólida, construida con chapa de espesor doble o hasta triple de la utilizada en coches ligeros.

1.1.1.3.2 Motor

Los autos 4X4 suelen tener motores de cilindrada elevada, casi siempre superior a los 2.000 CC, pero capaces de un elevado par motor a bajas revoluciones, y una marcha muy desahogada que garantiza además una gran seguridad de funcionamiento. Para lograr lo anterior algunos elementos accesorios del motor se hallan sobredimensionados o presentan un diseño especial en algún aspecto. El filtro de aire, por ejemplo, en previsión de la mayor cantidad de polvo existente en los recorridos fuera de carretera, es especialmente eficaz, se halla sobredimensionado, cuenta con mamparas separadoras de partículas sólidas, cámaras en baño de aceite, etcétera. En los modelos dotados de motor de gasolina, el carburador cuenta con cuba dotada de flotador especial, que garantiza el nivel constante incluso estando el vehículo sometido a fuertes inclinaciones.

Las cuatro ruedas motrices permiten a los vehículos todo-terrenos una gran capacidad de adherencia en terrenos abruptos y embarrados



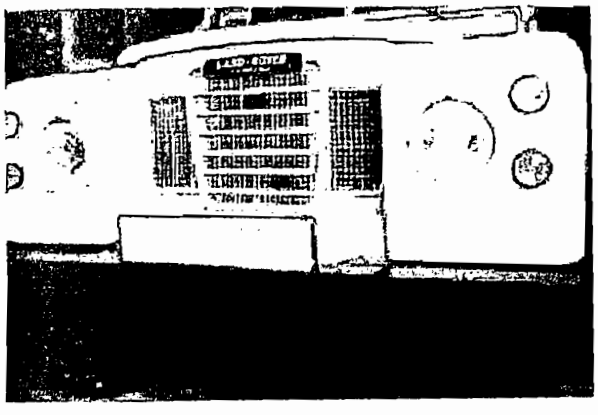
Casi todos los todo-terreno cuentan con un robusto bastidor independiente, sobre el que van anclados, los conjuntos mecánicos

El filtro de aire es especialmente eficaz, en previsión de la mayor cantidad de polvo a que deben enfrentarse normalmente estos vehículos

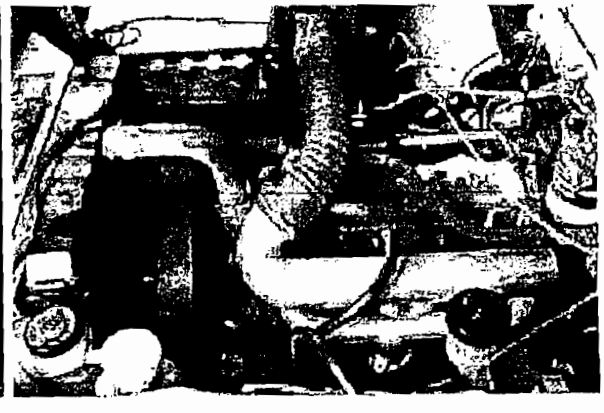
Generalmente, el radiador esta sobredimensionado para permitir una buena refrigeración a velocidades lenta de máxima potencia

Figura 1.7 Características de los vehículos de tracción 4x4, capacidad de adherencia, robusto bastidor independiente, filtro de aire y radiador

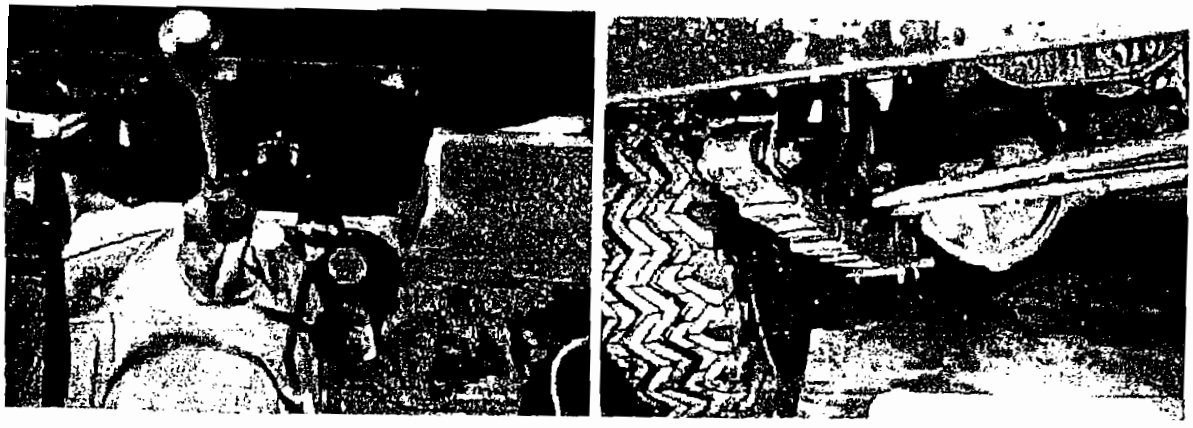
El sistema de refrigeración garantiza un eficaz funcionamiento en condiciones extremas de temperaturas, así como en circunstancias de trabajo especialmente duras, como por ejemplo, a velocidades muy lentas y desarrollando el motor la máxima potencia.



Una carrocería también especialmente sólida, construida con chapa de espesor doble o incluso triple de lo normal en coches ligeros



Ya sean de gasolina o Diesel, los motores todo terreno suelen ser de cilindrada superior a los 2 litros y capaces de un elevado par a bajas rpm



En bastantes modelos, la caja de cambios va dotada de dispositivo de reductor, que permite multiplicar por dos el total de relaciones

La existencia de tracción en ambos ejes hace necesario que estos vehículos monten dos diferenciales, uno en cada eje.

Figura 1.8 Características de los vehículos de tracción 4x4, carrocería sólida, cilindrada superior, caja de cambios y tracción

1.1.1.3.3 Transmisión

Todos los componentes de la transmisión, desde el embrague a los semiejes de las ruedas, están calculados con amplios márgenes. La caja de cambios cuenta con frecuencia con cinco velocidades hacia delante y una hacia atrás, que con dispositivo reductor permite un total de 12 relaciones, 10 adelante y dos hacia atrás. Los diferenciales (uno por cada eje motriz) son así mismos de construcción robusta y con frecuencia van dotados de dispositivo de bloqueo para anular el efecto diferencial, bien sea con mando por palanca desde el tablero o bien mediante dispositivo auto blocante que evita el embalamiento de las ruedas. Algunos modelos tienen un tercer diferencial, destinado a repartir el giro del motor entre los ejes anterior y posterior.

1.1.1.3.4 Suspensión

La mayoría de los modelos llevan suspensión por eje rígido y ballestas, tanto detrás como delante, aunque algunas realizaciones más modernas montan suspensiones de tipo independiente. En todos los casos, la altura libre del vehículo, o distancia de

su parte más baja al suelo, es considerablemente elevada, a fin de permitir la marcha sobre terrenos muy accidentados sin riesgo de que las partes mecánicas sufran golpes o roces con obstáculos.

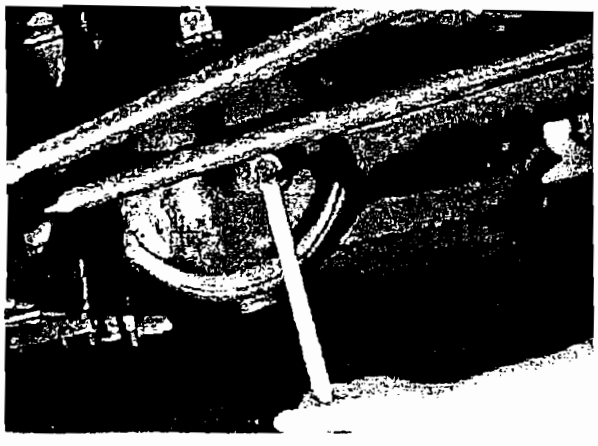
1.1.1.3.5 Ruedas

Casi siempre utilizan ruedas de gran diámetro, con un mínimo de 15" (38,1 cm), calzadas con neumáticos de dibujo muy profundo, capaces de gran adherencia sobre terrenos blandos o irregulares. Centrándonos en la transmisión, se van a señalar a continuación una serie de consideraciones a tener en cuenta sobre el mantenimiento de la misma en vehículos 4x4. Las carcasas del diferencial y las correspondientes a las juntas cardan son propensas a sufrir entradas de agua si se circula con frecuencia por zonas encharcadas y los retenes correspondientes no se hallan en buen estado.

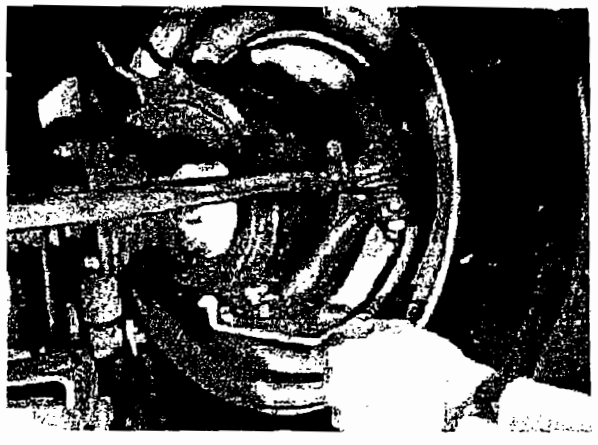
Al ser el agua más pesada que el aceite lubricante, la que penetre en las carcasas se depositará en el fondo, existiendo el riesgo de que el problema pase inadvertido, pues al comprobar el nivel del lubricante a través de los orificios de registro no se apreciará más que aceite. Siempre que se observe un aumento del nivel aparente en cualquiera de esas carcasas, es de sospechar que exista agua en su interior, lo que en su caso a la larga traería consigo desgastes prematuros y oxidaciones en los distintos componentes.

El diferencial puede ir dotado de dispositivo de bloqueo a fin de evitar el empalamiento de cualquiera de las ruedas cuando la adherencia sea pobre

El punto mas critico de muchos todo-terreno lo constituyen las juntas cardan de transmisión a las ruedas, casi siempre en baño de aceite



Un punto fundamental en el mantenimiento de esta clase de vehiculos es la comprobación frecuente de nivel de aceite en el diferencial...



... y en las carcasas de las juntas de transmisión. Si se observa un aparente aumento del nivel, es de sospechar que exista agua en su interior

Figura 1.9 Características de los vehículos de tracción 4x4, diferencial, juntas cardan, *mantenimiento frecuente de nivel de aceite en el diferencial*

1.2 RELACIONES MECANICAS

1.2.1 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS

La relación de transmisión, esto es, el cociente entre la velocidad angular del árbol de entrada y la velocidad angular del árbol de salida, está fijada por la composición del tren de engranajes, y es constante. Así, el cambio de marchas hace intervenir un sistema de engranajes que forman diferentes desmultiplicaciones. En la Figura 1.10 se muestra una caja de cambios de cuatro velocidades de forma esquemática.

Como su nombre indica (reductor de velocidad), la velocidad del árbol de entrada es mayor que la velocidad del árbol de salida, por tanto, la relación de transmisión es mayor que uno.

$$i = \frac{w_{Entrada}}{w_{Salida}} \geq 1 \quad \text{Ec 1.4}$$

Donde:

w = velocidad angular

Por otra parte, también existe una transformación del par, pero inversa, es decir, el par que ejerce el árbol de entrada (el conductor) es menor que el par que transmite el árbol de salida (el conducido).

$$i = \frac{T_{Salida}}{T_{Entrada} \cdot \eta} \quad \text{Ec 1.5}$$

Donde:

T = Torque del motor

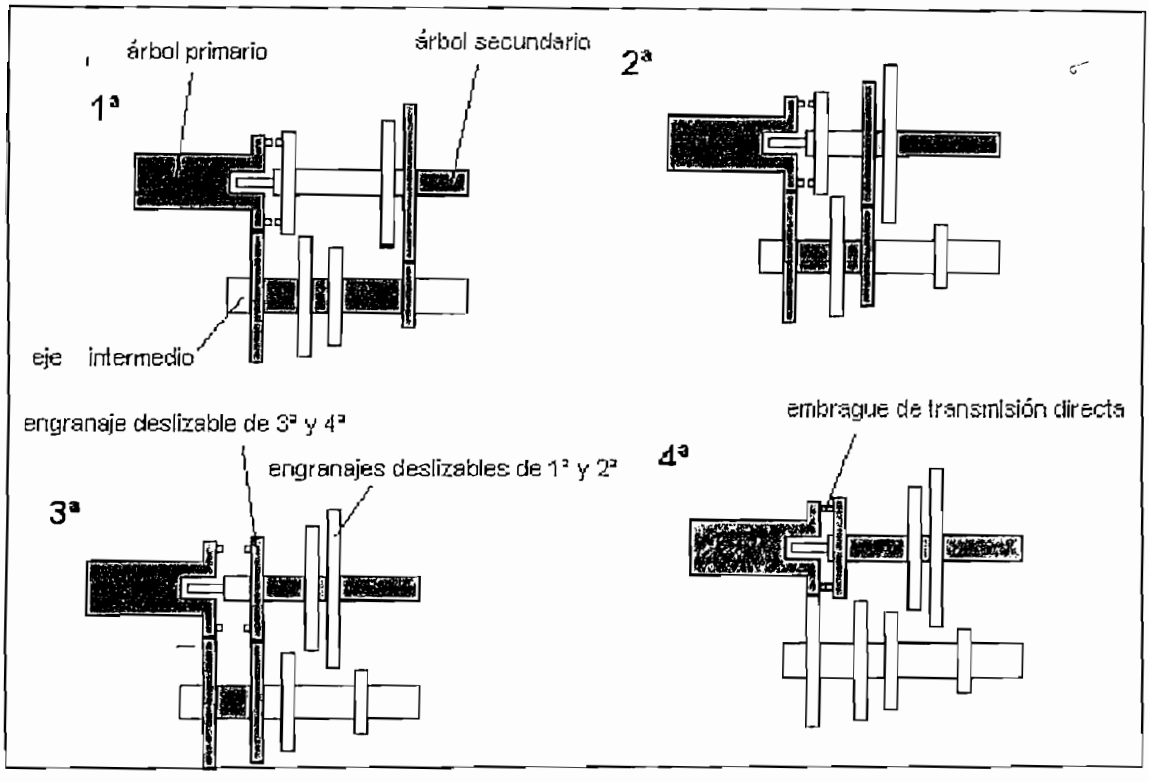


Figura 1.10. Caja de cambios de cuatro velocidades

Sin embargo, la potencia, que es el producto del par y la velocidad, es la misma en ambos árboles siempre y cuando se suponga un rendimiento perfecto de la transmisión. En la práctica, siempre hay pérdidas de potencia por rozamiento, lo que implica un rendimiento menor que uno, por lo que la potencia en el árbol de salida es menor que en el de entrada. El rendimiento del tren de engranajes se define matemáticamente como:

$$\eta = \frac{potencia\ de\ salida}{potencia\ de\ entrada} \leq 1 \qquad \text{Ec 1.6}$$

Donde:

η = Rendimiento del tren de engranajes

Un reductor de velocidad podría estar formado por un tren de engranajes simple o engranaje de un escalón (formado por un único par de ruedas dentadas), sin

embargo, lo más frecuente es que se empleen trenes de engranajes compuestos, es *decir, formados por varios pares de ruedas dentadas. Esto es así porque pueden* lograrse grandes coeficientes de reducción con un tamaño de la transmisión más compacto del que sería necesario en el caso de emplear un tren de engranajes simple.

1.2.1.1 Relación de transmisión de un tren de engranajes compuesto

En el caso de un único par de ruedas dentadas, la relación de transmisión es igual al cociente del número de dientes de la rueda conducida y el número de dientes de la rueda conductora.

$$i_{12} = \frac{Z_2}{Z_1} \qquad \text{Ec 1.7}$$

En el caso de un tren de engranajes compuesto puede demostrarse que la relación de transmisión es igual al producto de los dientes de las ruedas conducidas dividido por el producto de los dientes de las ruedas conductoras (Figura 1.11).

Donde:

Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 son números de dientes de las ruedas dentadas
w_1, w_2, w_3 son velocidades angulares
i_{12}, i_{34}, i_T son relaciones de transmisión
Las ruedas conductoras son rojas, mientras que las conducidas son grises

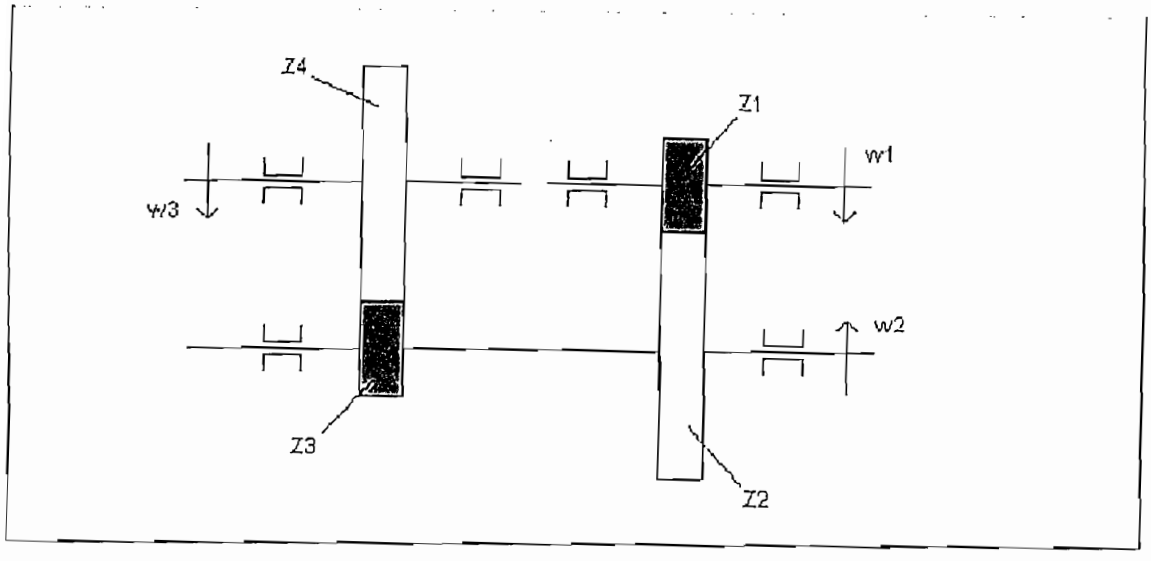


Figura 1.11. Tren de engranajes compuesto

Relación de transmisión de un solo par de ruedas dentadas

$$i_{12} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \qquad \text{Ec 1.8}$$

$$i_{23} = \frac{w_2}{w_3} = \frac{Z_4}{Z_3} \qquad \text{Ec 1.9}$$

Relación de transmisión de un tren de engranajes compuesto

$$i_T = \frac{w_1}{w_3} = \frac{w_1 \cdot w_2}{w_2 \cdot w_3} = i_{12} \cdot i_{23} = \frac{Z_2 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_3} \qquad \text{Ec 1.10}$$

$$i_T = \frac{Z_2 \cdot Z_4}{Z_1 \cdot Z_3} \qquad \text{Ec 1.11}$$

Existen otros tipos de reductores de velocidad como los que emplean trenes de *engranajes planetarios o los que emplean tornillos sin fin. En cualquier caso,* la misión del reductor es adaptar convenientemente el par y velocidad angular de salida del motor en función de la aplicación mecánica en cuestión.

1.2.2 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DEL PUENTE POSTERIOR

El puente posterior comprende los mecanismos de par cónico o grupo piñón-corona y diferencial. En los vehículos de todo adelante o atrás, esté conjunto está alojado en la caja de cambios.

La relación de transmisión de esté par cónico suele ser de 3:1 a 6:1, por lo cual el par *transmitido queda multiplicado por la cantidad, mientras que el giro se reduce a una* velocidad más adecuada a las ruedas motrices. Esta relación varía de unos vehículos a otros y depende, entre otras cosas, del tamaño de los *neumáticos* que se *monten en el coche y de la potencia del motor.*

1.2.3 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN TOTAL

En la siguiente tabla se dan las relaciones de transmisión de la caja de cambios y los desarrollos finales obtenidos (puente delantero), utilizando un vehículo de prueba con unos neumáticos determinados, cuya circunferencia dinámica eficaz es de 1,659 m (165/65R13), es decir es el camino recorrido por vuelta del neumático a una velocidad de 60 Km/h, estando el neumático cargado a su capacidad portante *máxima admisible e inflada a la presión de aire correspondiente.* Los valores de desmultiplicación se dan en función del eje de entrada o del de salida (dos valores), es decir, el giro del secundario para cada vuelta del primario (primer caso), o el número de vueltas que ha de dar el primario para cada revolución del secundario (segundo caso), que es el cociente de dividir el numero de dientes de los piñones utilizados en cada velocidad, tomando como dividendo el conductor (primer caso) o el conducido (segundo caso).

Velocidad	Desmultiplicación de la caja de velocidades	Par cónico	Desmultiplicación Total	Desarrollo final en Km/h para 1.000 rpm de motor
1ª	0,317 ò 3,416		0,0673 ò 14,84	5,54
2ª	0,528 ò 1,894		0,112 ò 8,911	11,15
3ª	0,781 ò 1,280	0,212 ó	0,166 ò 6,022	16,52
4ª	1,094 ò 0,914	4,705	0,2325 ò 4,30	23,15
5ª	1,321 ó 0,757		0,281 ò 3,562	27,98
MA	0,343 ò 2,916		0,0729 ó 13,72	7,26

Tomando de esta tabla los resultados para tercera velocidad, por ejemplo, para cada vuelta del eje primario, el secundario da 0,781 de vuelta y a través del par cónico se obtiene una relación de transmisión (desmultiplicación) de 0,212. Obteniéndose una relación de transmisión total de 0,166 por lo que en una vuelta del motor, se tendría 0,166 vueltas de rueda.

Dado que el neumático utilizado tiene una circunferencia dinámica eficaz de 1,659 m, en cada vuelta de las ruedas motrices se obtiene un desplazamiento del vehículo de 1,659 m.

$$V = \frac{60 \cdot C_n \cdot R_{dm} \cdot n}{1000} \quad Ec\,1.12$$

Donde:

R_{dm} = Relación de transmisión total

V = Velocidad de marcha o instantánea en Km/h

n = Numero de revoluciones por minuto de la rueda

1.3.2 LLANTA O RUEDA METÁLICA

Representa el elemento de unión entre la cubierta y el eje, pues es la encargada de soportar todo el par motor transmitido por el semieje de transmisión, pero sobre todo su diseño influye en la correcta evacuación del calor generado en los frenos.

Tiene por misión, entre otros:

- Soportar la carga del vehículo.
- Transmitir la fuerza motriz.
- Asegurar la direccionabilidad del vehículo, manteniéndolo en su trayectoria.
- Contribuir a la estabilidad de la frenada.
- Contribuir a mejorar la eficacia de la suspensión.

Por consiguiente, un correcto mantenimiento de los neumáticos permite un comportamiento efectivo del vehículo.

1.3.3 DIMENSIONES DE LOS NEUMÁTICOS

1.3.3.1 Radio dinámicamente eficaz (r din)

Es igual al camino recorrido por vuelta a una velocidad de 60Km/h, dividido por $2 \times \pi$. El neumático tiene que estar cargado a su capacidad portante máxima admisible y tiene que estar inflado a la presión de aire correspondiente. Conforme aumenta la velocidad, r crece hasta aproximadamente el 6%; en neumáticos de cinturón permanece casi constante.

1.3.3.2 Circunferencia dinámica eficaz o Perímetro de rodadura del neumático

Es igual al camino recorrido por vuelta a una velocidad de 60Km/h. El neumático tiene que estar cargado a su capacidad portante máxima admisible y tiene que estar inflada a la presión de aire correspondiente. Conforme aumenta la velocidad, r crece hasta aproximadamente el 6%; en neumáticos de cinturón permanece casi constante. También suelen nombrarlo como desarrollo bajo carga.

1.3.3.3 Radio Estático

Distancia desde el centro de la rueda hasta el plano de apoyo del neumático cargado a la capacidad portante máxima admisible e inflada a la presión correspondiente.

1.3.3.4 Diámetro del neumático

Diámetro exterior del neumático inflado sin carga, en el centro de la superficie de rodadura

1.3.3.5 Anchura nominal

Anchura del neumático inflado, sin cargar, con pared lateral lisa, de la superficie de rodadura.

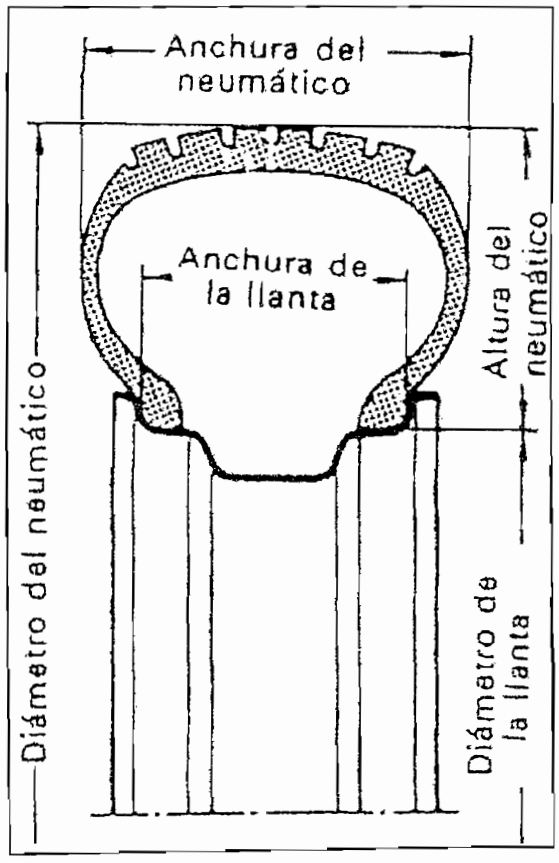


Figura 1.12 Dimensiones de los neumáticos

A continuación se definen valores de rev/km dependiendo del tipo de neumático empleado.

Tamaño	Circunferencia dinámica eficaz (mm)	Rev/Km
165/65R13	1660	602
175/65R14	1832	546
185/60R14	1815	551
195/50R15	1810	553
195/55R15	1871	535
205/50R15	1841	543
195/45R16	1828	547
205/40R16	1792	558
215/40R16	1817	550
205/40R17	1872	534

Tabla 1.2 Constantes Rev/Km para neumáticos.

1.4 SISTEMAS DE INYECCIÓN

Los sistemas de inyección de gasolina resuelven con mayores garantías los problemas de dosificación, consumo, etc., dosificando exactamente la cantidad de combustible que es necesaria en cada momento, de lo que resulta en un menor nivel de emisiones contaminantes y un rendimiento mayor. En estos sistemas, el combustible es inyectado en el colector de admisión, justamente delante de las válvulas de admisión, por medio de un sistema de inyección autónoma, gobernado hidromecánicamente o mediante un dispositivo electrónico.

La supresión del carburador en un sistema de inyección permite una concepción óptima de los colectores y conductos de admisión, gracias a la cual se mejora notablemente el llenado de los cilindros, del que resulta una potencia específica mayor y una curva característica del par motor mejor adaptada a las condiciones de circulación del vehículo. A través de los colectores y conductos de admisión solamente circula aire, inyectándose la gasolina justamente a la entrada del cilindro, dosificándola adecuadamente de manera que el motor reciba la cantidad justa para sus necesidades reales. Así mismo, cada uno de los cilindros recibe idéntica cantidad de gasolina que los otros, cualquiera que sean las condiciones de trabajo.

Las ventajas principales de la inyección de gasolina son:

Mayor potencia del motor. En la figura 1.13.b, se tiene una gráfica que muestra las curvas de potencia y par motor de un motor que se utilizó para esta prueba y que se hallaba provisto de carburador. Por otro lado, en la figura 1.13.a, se tiene los resultados obtenidos con el mismo motor pero esta vez provisto de inyección de gasolina. La notable ventaja obtenida se debe exclusivamente a las mejoras que comporta en sí el sistema de inyección ya que no fue retocado órgano alguno de mecánica.

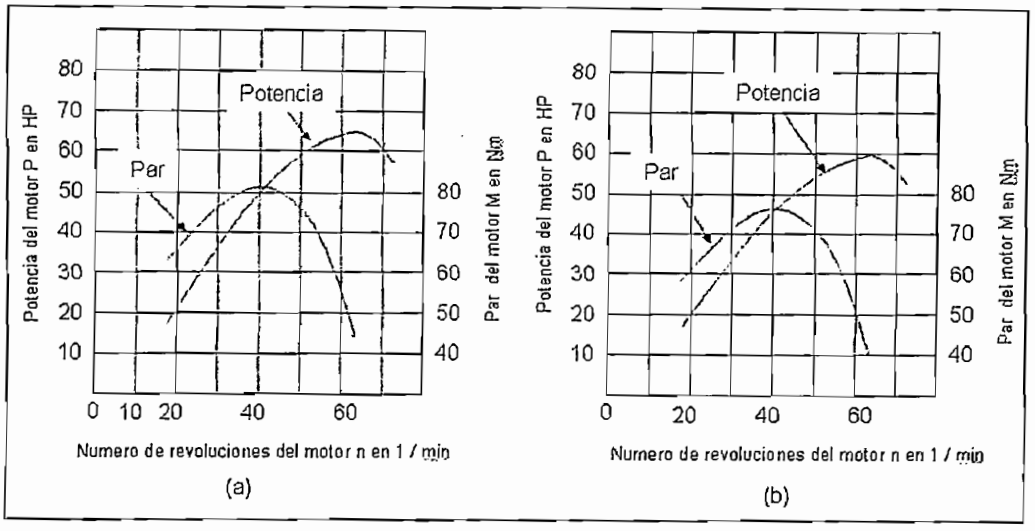


Figura 1.13. Curvas de potencia y par motor (a) a inyección (b) a carburador

Menor consumo. Las causas pueden ser varias: el mejor reparto de la mezcla a cada uno de los cilindros, la adecuación mejor de la dosificación según los estados de carga y temperatura, etc.

Rapidez de respuesta. La unidad electrónica de control ejecuta órdenes en valores de tiempo de milisegundos. De esta manera puede dar una respuesta mucho más rápida que el carburador a las solicitaciones que se hagan desde el motor. Además, el carburador cuenta con la dificultad de tener que tratar al mismo tiempo con el aire y con gasolina y como aquel responde más rápidamente que el liquido a los requerimientos del conductor por medio del pedal del acelerador, el carburador muestra siempre un cierto retardo que esta lejos de poseer el sistema de inyección.

Gases de escape menos contaminantes. La más ajustada precisión en las proporciones de la dosificación de la mezcla tiene que producir, lógicamente, los efectos de una combustión más perfecta y por lo mismo un mejor quemado y un menor vertido a la atmósfera de gases contaminantes. Por si ello fuera poco, en algunos modelos, de las casas fabricantes de sistema de inyección electrónica, pueden hacer intervenir los servicios de la llamada sonda Lambda cuyas señales van

a ser procesadas en la unidad electrónica de control, con lo cual se extreman los resultados de mejor quemado de la mezcla.

En la gráfica de la figura 1.14 se muestra las curvas características del motor, en las que se pueden conocer las variaciones de potencia, par motor y consumo de combustible en cada régimen del motor. En ellas se representan los valores obtenidos en los bancos de pruebas en condiciones de máxima alimentación, es decir, a plena carga.

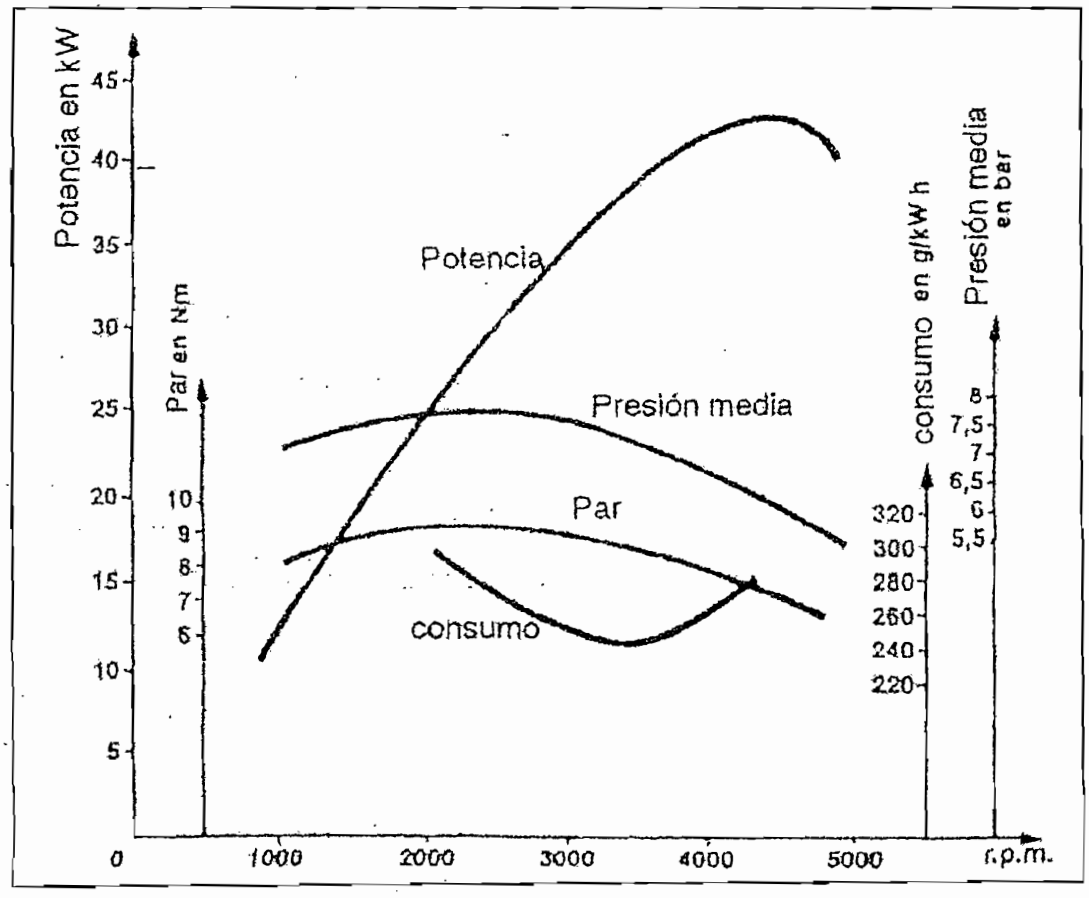


Figura 1.14 Curvas características del motor

De acuerdo con las características específicas de funcionamiento, tipo de mando y regulación los sistemas de inyección de gasolina pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- Sistemas de inyección mecánica
- Sistemas de inyección electrónicos
- Sistemas de inyección mixtos (mecánicos y electrónicos)

Se detallará a continuación cada uno de los sistemas de inyección citados:

1.4.1 SISTEMAS DE INYECCIÓN MECÁNICA (K-JETRONIC)

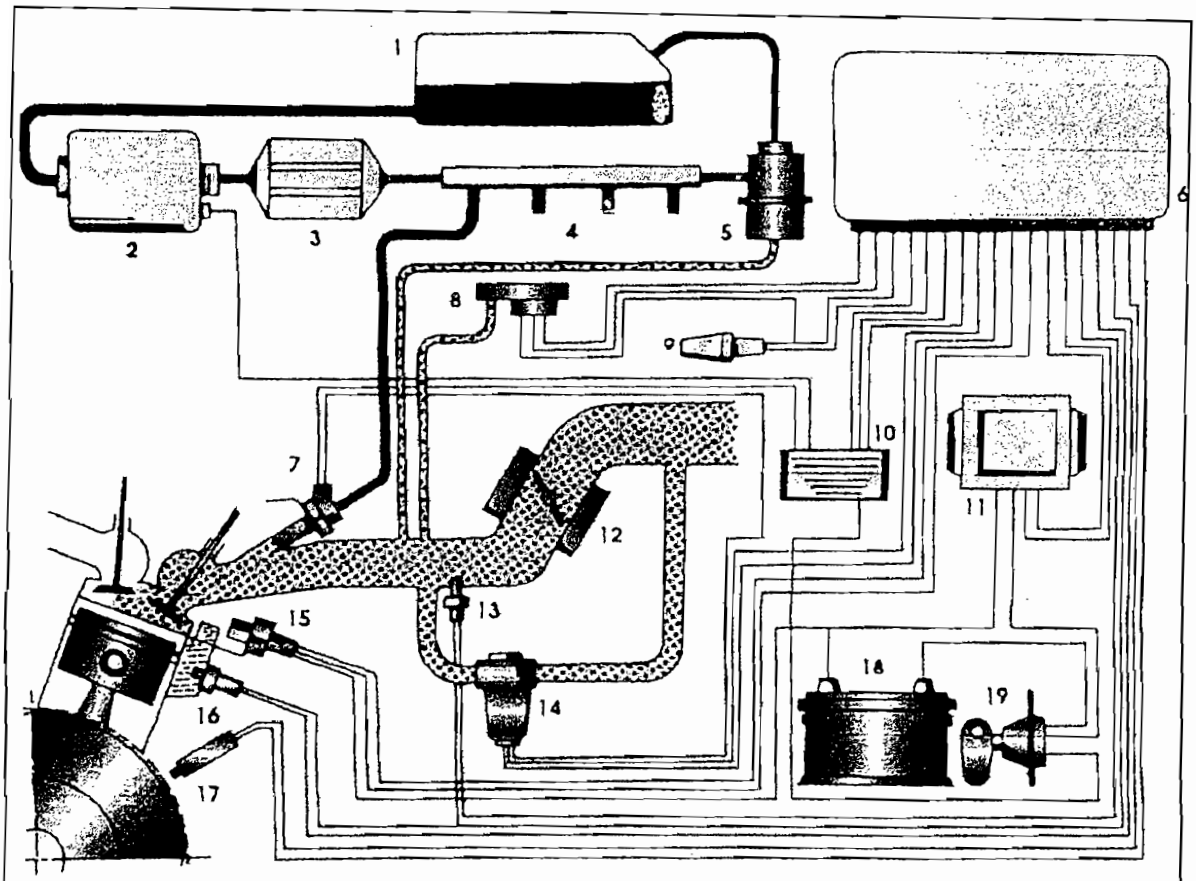
Introducen el combustible por medio de inyectores que permanecen abiertos continuamente a los que se hace llegar el combustible a una presión constante.

1.4.2 SISTEMAS DE INYECCIÓN MIXTOS (KE-JETRONIC)

Estos son una variante del primero y funcionan de manera similar, pero en esté caso, se incluye un sistema electrónico de control, capaz de modificar el caudal de combustible enviado a los inyectores, adaptándolos a las diferentes condiciones de funcionamiento.

1.4.3 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICOS (L-JETRONIC, LE-JETRONIC, MOTRONIC, DIJIJET, DIGIFANT, ETC.)

Aquí el combustible es introducido en el motor por medio de inyectores electromagnéticos, cuyas aperturas son gobernadas por un sistema electrónico de control, que adapta los tiempos de inyección a las distintas fases de funcionamiento, en función de las informaciones recibidas de una serie de sensores acoplados al motor.



1.- Depósito de carburante.
2.- Bomba.
3.- Filtro.
4.- Rampa de inyectores.
5.- Regulador de presión.
6.- Central electrónica.
7.- Inyector electromagnético.
8.- Sensor de presión absoluta.
9.- Potenciómetro de regulación de % de CO
10.- Rele principal.
11.- Módulo de potencia.
12.- Interruptor de mariposa.
13.- Sensor de temperatura de aire.
14.- Actuador de ralentí.
15.- Sensor de picado.
16.- Sensor de temperatura motor.
17.- Sensor de fase y régimen.
18.- Batería.
19.- Conmutador de encendido.

Figura 1.15. Sistema de inyección electrónica

1.4.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN SEGÚN EL NUMERO Y DISPOSICIÓN DE LOS INYECTORES

Según el número de inyectores utilizados, los sistemas de inyección se clasifican en dos grupos: si se utiliza un inyector por cilindro (sistemas multipunto) o bien un inyector para todos los cilindros (sistemas monopunto).

1.4.4.1 Inyecciones Monopunto

Los sistemas de inyección monopunto tienen la característica de que un inyector alimenta a más de un cilindro, de tal manera que permiten una mejor dosificación de la mezcla aire combustible. Este inyector se coloca generalmente en el cuerpo de aceleración y es de mayor tamaño que los inyectores utilizados en los sistemas multipuntos.

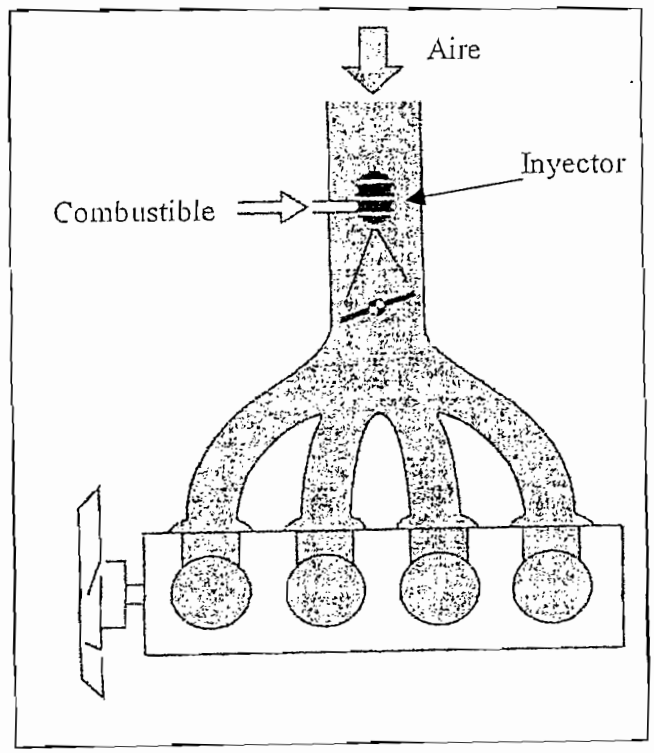


Figura 1.16. Sistema de Inyección Monopunto

1.4.4.2 Inyecciones Multipunto

Los sistemas de inyección multipunto tienen la característica de que se tiene un inyector para cada cilindro, de tal manera que permiten una mejor dosificación de la mezcla aire combustible. Estos inyectores se colocan generalmente en el puerto de admisión que es la zona en la cual se encuentra la válvula de admisión antes de la cámara de combustión. Algunos fabricantes le denominan sistema de inyección *multipuertos.*

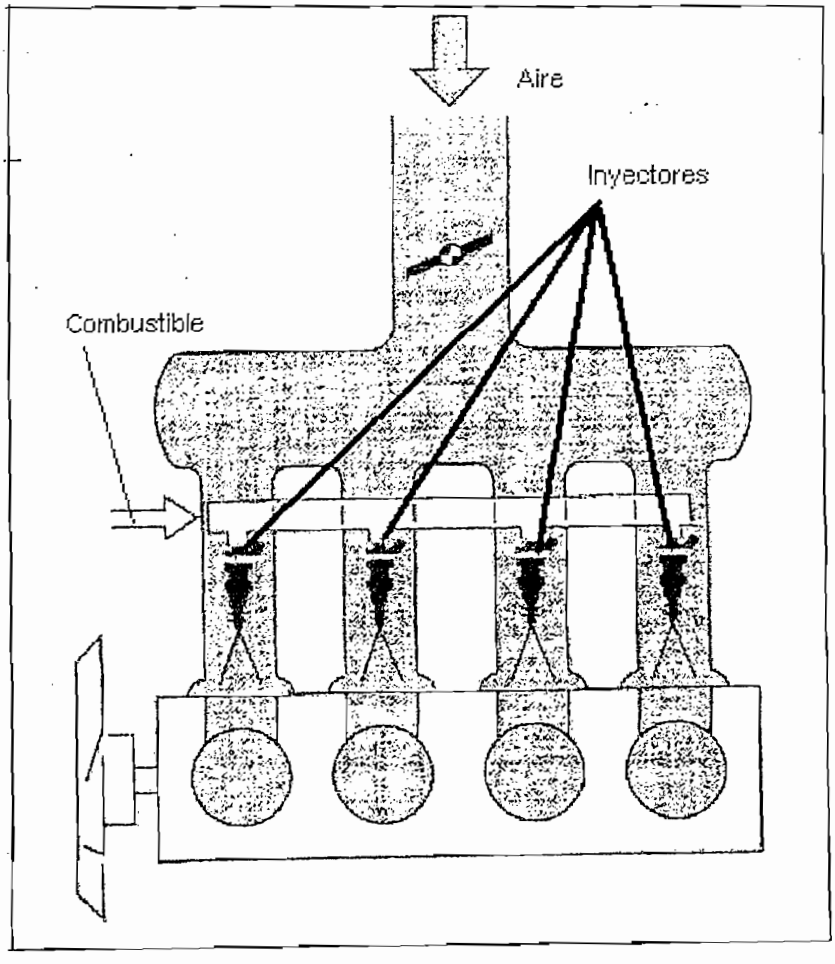


Figura 1.17. Sistema de inyección Multipunto

1.4.5 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN SEGÚN EL NUMERO DE INYECTORES Y FORMA DE INYECCIÓN

Los sistemas de inyección pueden clasificarse atendiendo al número y las formas de las inyecciones. En este apartado se establecen dos grandes grupos:

1.4.5.1 Inyección continua

En este primer grupo, los inyectores introducen el combustible de forma continua en el colector de admisión, previamente dosificado y a presión, la cual puede ser constante o variable. Este procedimiento es el más utilizado en los sistemas mecánicos.

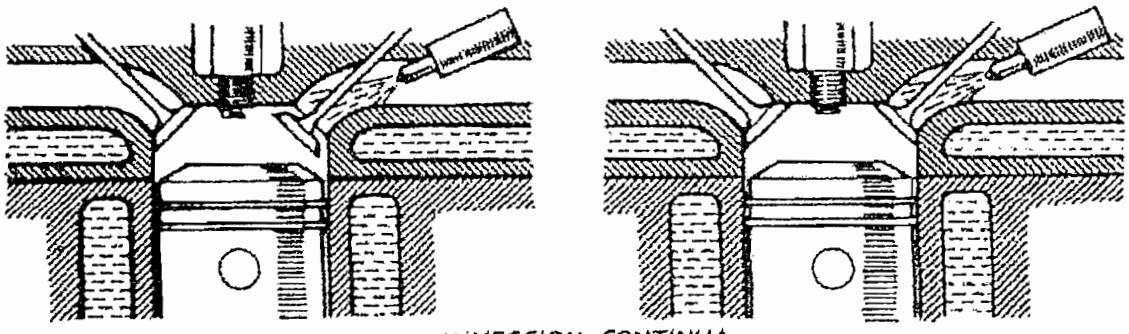


Figura 1.18. Sistema de Inyección Continua

1.4.5.2 Inyección intermitente o espaciada

En el segundo grupo, los inyectores introducen el combustible de manera intermitente, es decir, cada inyector se abre y cierra según recibe órdenes de la centralita de mando. Esta forma de inyección se utiliza con preferencia en los sistemas electrónicos. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos: secuencial, semisecuencial y simultánea.

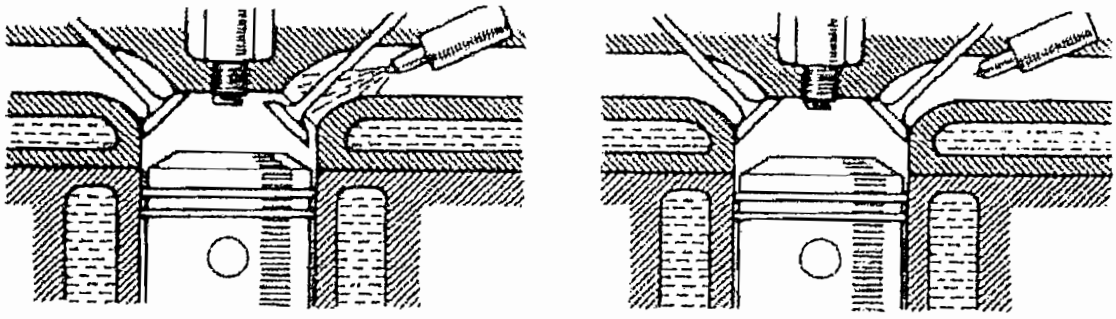


Figura 1.19. Sistema de Inyección Espaciada

1.4.5.2.1 Inyección Secuencial

Cuando las inyecciones se producen sucesivamente en cada inyector, una tras otra. Inyectando a cada cilindro en la fase correspondiente del ciclo, de acuerdo al orden de encendido del motor. La inyección secuencial de combustible es el método usado por los sistemas multipunto para controlar la proporción aire/combustible y la distribución de la inyección por cilindro. Cada inyector de un sistema de inyección secuencial está controlado individualmente por la unidad de control.

1.4.5.2.2 Inyección Semisecuencial

El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.

1.4.5.2.3 Inyección Simultánea

Por el contrario si el combustible es inyectado por todos los inyectores a la vez, se llama inyección simultánea o equidistante a la inyección espaciada que se produce siempre en un punto determinado del ciclo de cada cilindro independientemente de su velocidad de giro.

1.4.6 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN SEGÚN EL LUGAR DONDE INYECTAN

1.4.6.1 Inyección Directa

El inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión. El inyector está directamente ubicado en la cámara de combustión. Es poco utilizado debido a los efectos de la disolución del aceite, producidos por el impacto de la gasolina pulverizada en las paredes del cilindro.

1.4.6.2 Inyección Indirecta

El inyector se encuentra ubicado en el conducto de admisión, actualmente esté es el sistema que utilizan todos los motores con alimentación por medio de inyección electrónica de gasolina. Es la más usada.

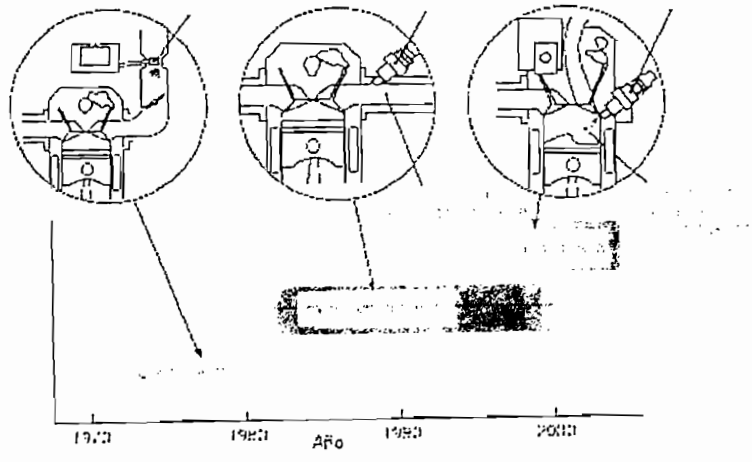


Figura 1.20 Sistema de inyección directa e indirecta

1.4.7 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE TIEMPO DE INYECCIÓN

Los dos fundamentales parámetros que sirven para determinar la cantidad de tiempo *que deben permanecer abiertos los inyectores vienen dados por el número de* revoluciones del motor (n) y el caudal de aire entrado en el colector, medición que se

hace mediante un potenciómetro de la mariposa–sonda. El primero de estos valores va a parar al <conformador de impulsos> en donde la señal es tratada reduciendo a la mitad estos impulsos, además de convertirlos en señales rectangulares para facilitar su tratamiento posterior en otros bloques.

De aquí pasan a un <multivibrador de control de división> que elabora estas señales junto con la información que recibe del potenciómetro.

Con estos dos parámetros variables que el multivibrador procesa se tiene el llamado tiempo básico de inyección (Tb) que después será ampliado con la aportación de nuevos parámetros, tal como veremos más adelante. Es importante indicar que el Tb será constantemente modificado de acuerdo con las variantes que aporta el motor al girar a mayor o menor número de RPM o ante la oscilación de la mariposa-sonda.

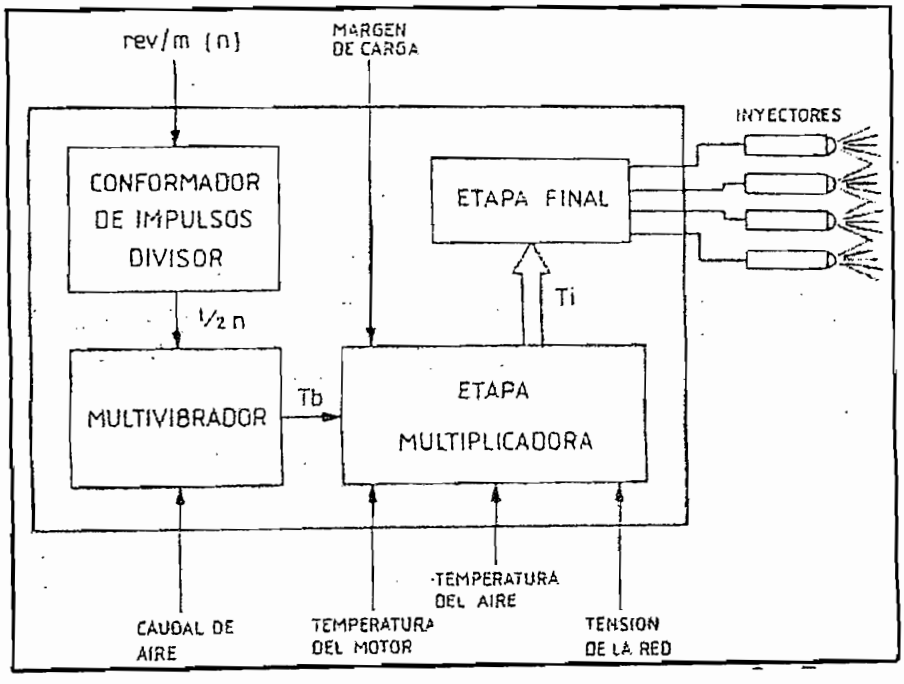


Figura 1.21. Esquema de Bloques de la Unidad Electrónica de Control.

Una vez la señal así preparada pasa al bloque denominado <etapa multiplicadora>. Este bloque recibe, además del Tb, la información procedente de los sensores de temperatura del motor, de temperatura del aire, de tensión o voltaje de la red del vehículo y del estado de plena carga. Con los valores proporcionados por estos parámetros el multiplicador calcula un tiempo de corrección (Tc) y lo multiplica por el tiempo básico de inyección (Tb) que previamente había calculado el multivibrador. Posteriormente, el tiempo resultante se sumara al Tb, es decir, será Tb+Tc, de modo que esté último será un factor de enriquecimiento que actúa muy eficazmente en determinados casos como, por ejemplo, si la temperatura del motor es muy baja por estar frío, en cuyo caso la mezcla se enriquece para conseguir la marcha de calentamiento. En estos momentos los inyectores pueden estar proporcionando cantidades de combustible que sean el doble o hasta el triple de la alimentación normal.

También la tensión de la red debe ser controlada en la etapa multiplicadora ya que la excitación del bobinado de los inyectores, que determina su abertura, depende mucho de la tensión de la batería. Si la tensión de la batería fuera baja y no se tomaran medidas de corrección de este defecto, los inyectores abrirían durante menos tiempo y ello haría que se estableciera una mala alimentación por dosificación muy pobre. Cuando la <etapa multiplicadora> recibe señales de que la tensión de la red es excesivamente baja, aumenta automáticamente el *tiempo de impulso de la tensión* (Tt) corregida, de modo que los inyectores puedan inyectar el caudal adecuado para cada caso. De esta forma puede decirse que de la <etapa multiplicadora> sale un tiempo de inyección (Ti) que es el resultado de:

$$Ti = Tb + Tc + Tt \qquad \text{Ec 1.13}$$

Y que corresponde a la duración que va a necesitar el impulso eléctrico en el bobinado del inyector para que esté permanezca abierto y proporcione una dosificación muy afinada de acuerdo con todos los parámetros que se han considerado. El resultado de todo este complejo proceso puede establecerse, para

mayor claridad en un cuadro como presentado en la Figura 1.22, en donde se puede apreciar como cada uno de los bloques contribuyen a la modificación de los tiempos de acuerdo con las condiciones que les indican sus parámetros controlados.

En primer lugar, en la parte superior, se ve el orden de encendido representado por las pequeñas flechas y el tiempo en que permanecen abiertas las válvulas de admisión de cada cilindro, en un motor de cuatro, durante los grados de giro del cigüeñal. Esta información queda representada en el gráfico en toda la parte A del mismo.

La parte B, es el resultado de la chispa eléctrica de encendido tal como se observa en un osciloscopio. Esta señal, se la envía en primer lugar al <conformador de impulsos>, en donde es convertida en señales rectangulares, tal como se aprecia en C, para mejorar su tratamiento y mezcla con otras señales.

En D se tiene la acción del divisor de frecuencia que tiene la misión de dividir por dos la serie de impulsos de activación de los inyectores, ya que estos abren y cierran todos simultáneamente y actúan de modo que por cada vuelta del árbol de levas se inyecte dos veces la mitad de la gasolina que necesita cada cilindro para que el resultado final sea más favorable. En E se encuentra la entrada en función del parámetro del caudal de aire a través del multivibrador. El tiempo determinado ahora es el básico (Tb).

En F se tiene los tiempos de corrección que añade la <etapa multiplicadora>. Son los tiempos Tc y Tt que se mencionó antes. El resultado final de la inyección puede verse en G, la suma de los tiempos básicos, de corrección y de tensión origina el tiempo de inyección (Ti) que ocupa los grados indicados en el grafico, y que varía constantemente según las condiciones de funcionamiento del motor.

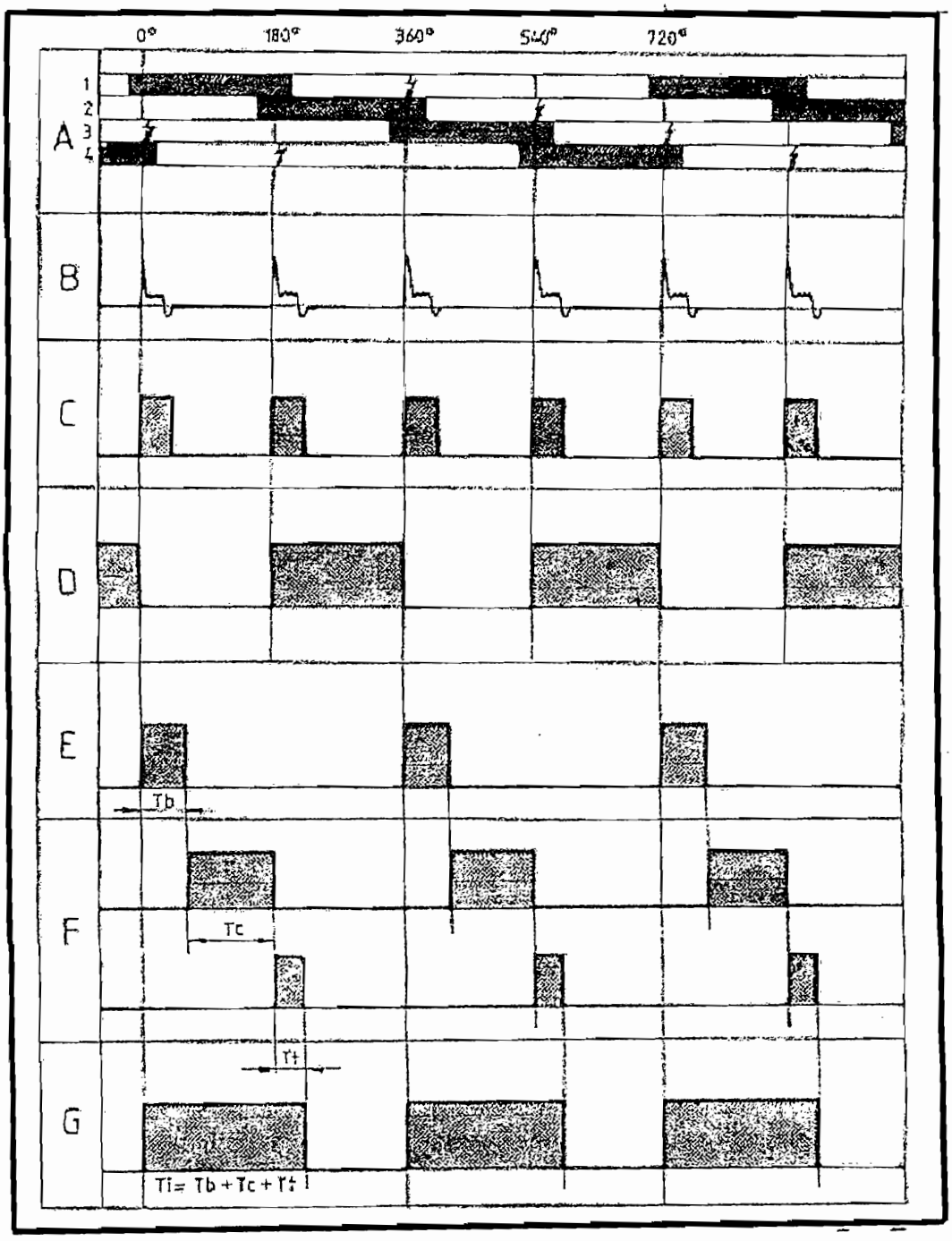


Figura 1.22 Cuadro de contribución a la modificación de los tiempos.

1.5 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA AUTOMÓVIL

Desde hace algunos años vienen siendo utilizados en los vehículos los sistemas de información, también llamados ordenadores de a bordo, mediante los cuales, el conductor puede controlar con precisión durante el viaje, el consumo de combustible, velocidad media, disponibilidad de combustible, etc.

El módulo de información está constituido por una pantalla de cristal líquido que se incorpora en el tablero de bordo, junto al cuadro de instrumentos, o en otros casos formando parte de él.

El ordenador propiamente dicho es un conjunto electrónico, al que generalmente va adosada la pantalla de cristal líquido, que recibe informaciones básicamente de cantidad de combustible en el depósito, consumo instantáneo de combustible y velocidad del vehículo. Estas señales son procesadas por circuitos microprocesados, como se muestra en el diagrama de la Figura 1.23 y enviadas posteriormente a la pantalla de cristal líquido, donde pueden ser visualizadas en forma de dígitos.

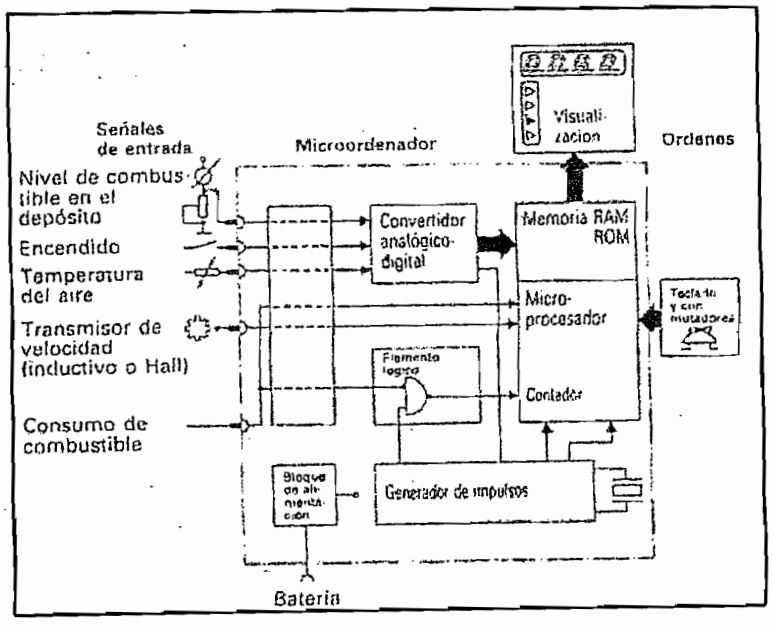


Figura 1.23 Esquema de Bloques del Sistema de información para automóvil [SIA].

1.5.1 Partes principales del sistema de información avanzada para automóvil

El sistema tiene las siguientes partes:

1.5.1.1 Sensores y Acondicionadores de señal

Esta primera etapa consta de una serie de sensores que hacen llegar sus correspondientes señales eléctricas a la unidad de procesamiento central (microcontrolador). Se toman señales como: la señal de control de apertura de los inyectores, para la medición del consumo de combustible instantáneo y combustible consumido. Dichas señales son ingresadas al microcontrolador, en forma de señales análogas y señales digitales. Las señales análogas son ingresadas por medio de los diferentes cañales multiplexados de un conversor A/D. Las señales digitales (señales pulsatorias), ingresan directamente a los contadores del microcontrolador.

1.5.1.2 Tarjeta de procesamiento central

Esta tarjeta es la parte central del sistema, y está encargado del tratamiento de señales que es capaz de adquirir datos del mundo real. Hasta ésta unidad llegan las diversas señales sobre el funcionamiento del vehículo, que les son transmitidas por diferentes sensores, emplazadas convenientemente. También está encargado del manejo de teclado para la selección de las diferentes funciones del sistema. La inteligencia de la tarjeta radica en la unidad de procesamiento incluida en la misma que trata la información adquirida y devuelve resultados, visualizándolos en la pantalla de cristal líquido.

1.5.1.3 Unidad de Registro

Esta unidad del sistema permite el almacenamiento de variables relevantes para el análisis del estado del vehículo conjuntamente, con valores de fecha y hora para la elaboración de históricos, para un mejor análisis.

1.5.1.4 Unidad de Visualización

Consta de una pantalla de cristal líquido que permite mostrar las diferentes pantallas, encargada de establecer una vía de comunicación con el usuario final del sistema. Presenta los estados en los que se encuentra el sistema y la visualización de variables de la forma más comprensible para el usuario.

1.5.1.5 Unidad de Interfaz de Comunicación Serial

Permite establecer un enlace entre el sistema de información y el PC para la descarga periódica de datos. Facilitando de esta forma la detección de averías presentes o prevención de averías futuras. Adicionalmente esta interfaz serial permite la configuración del sistema, mediante la descarga de diferentes constantes sin tener que volver a reprogramar el microcontrolador.

1.5.1.6 Código de operación de la tarjeta

Es el programa que indica cómo debe reaccionar la unidad de procesamiento y la tarjeta en general. Es el código mínimo con el cual la tarjeta se torna en una unidad funcional, y que da las instrucciones necesarias para el cálculo de las diferentes variables, manejo de la pantalla de cristal líquido (LCD), manejo del teclado y el establecer comunicación entre el sistema de información y el PC.

1.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN AVANZADA COMERCIALES

Los sistemas de información avanzada para automóviles tienen por objetivo aumentar la productividad y la seguridad en el vehículo a través del registro de todas las operaciones realizadas por el conductor y desarrolladas por el vehículo. La información es registrada y almacenada por el computador de a bordo, la cual podrá ser transferida a una computadora remota.

La mayoría de los computadores de abordo actuales poseen un dispositivo GPS, el cual registra la posición geográfica, latitud y longitud del vehículo.

En esta sección se expone las funciones básicas que ofrecen algunos de los ordenadores de viaje, en esté caso particular el ordenador de viaje (RRE) modelos 203, 208, 210, 220, 215, implementados en los automóviles Mercedes Benz.

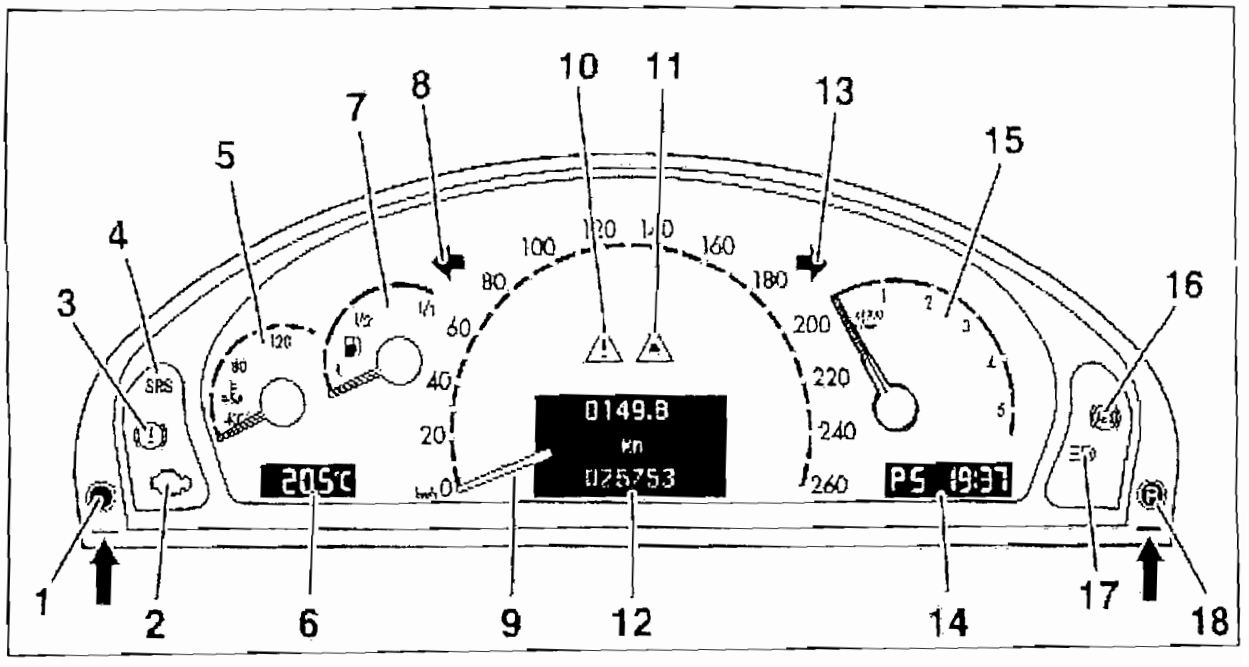


Figura 1.24 Cuadro de instrumentos – KIW, que tiene embebido el ordenador de viaje para el modelo W-220

1 Reóstato para la iluminación de instrumentos y búsqueda.
2 lámpara de control de diagnóstico del motor
3 lámpara de aviso del líquido de freno / freno de estacionamiento
4 lámpara de control y advertencia del circuito de seguridad
5 Indicador de temperatura del líquido refrigerante
6 indicador de la temperatura exterior
7 indicador de nivel de combustible
8 lámpara de control luces intermitentes, lado izquierdo
9 tacómetro electrónico
10 lámpara de advertencia ESP (Sistema Electrónico de Estabilidad)
11 lámpara de advertencia para DTR (Sistema Distronic)
12 Visualizador multifuncional
13 lámpara de control, luces intermitentes, lado derecho
14 reloj electrónico
15 cuentarrevoluciones
16 lámpara de control ABS (Sistema Antibloqueo de Frenos)
17 lámpara de control luz de carretera
18 tecla de reset (reposición).

1.6.1 FUNCIONAMIENTO DEL ORDENADOR DE VIAJE (RRE)

El ordenador de viaje está integrado en el cuadro de instrumentos. La indicación se efectúa en el visualizador multifuncional del cuadro de instrumentos. Trabaja con dos tipos de memoria de datos:

La memoria de trayectos cortos que almacena datos **DESDE ARRANQUE** y la memoria de trayectos largos que almacena datos **DESDE RESET.**

El ordenador de viaje ofrece las siguientes funciones:

- Indicación y cálculo de la autonomía previsible
- Indicación del contenido del depósito de combustible
- Indicación y cálculo del consumo de combustible medio
- Indicación del trayecto recorrido
- Indicación del tiempo de viaje

Posee una ventana indicadora en la que se presentan conjuntamente el contenido del depósito y la autonomía previsible. El control y mando de las funciones del ordenador de viaje se lleva a cabo por medio del volante multifuncional y de la tecla para reposicionar (Reset) del cuadro de instrumentos.

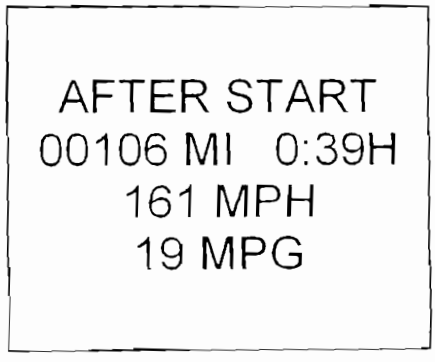


Figura 1.25 Pantalla de visualización de trayecto recorrido, tiempo de viaje, velocidad media y consumo de combustible medio "DESDE ARRANQUE" (memoria de trayectos cortos).

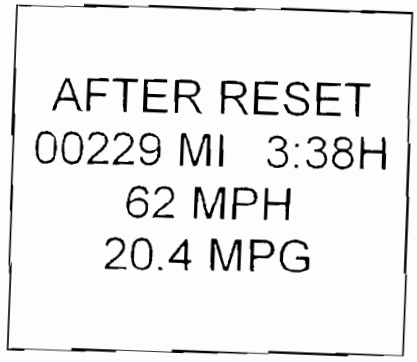


Figura 1.26 Pantalla de visualización de trayecto recorrido, tiempo de viaje, velocidad media y consumo de combustible medio "DESDE RESET" (memoria de trayectos largos).

El ordenador de viaje posibilita la indicación del trayecto recorrido, la cual tiene lugar en Kilómetros o en millas, dentro de un margen de 0 hasta 40959 millas (ó 0 hasta 65535 km) con resolución de una milla o de un kilómetro. Después de efectuada una reposición, la primera modificación del valor tiene lugar después de un kilómetro o una milla.

Para calcular la velocidad media se establece la relación basándose en el trayecto ya recorrido y el momento en que se efectuó la ultima reposición de la memoria de trayectos cortos o de trayectos largos.

La indicación del contenido del depósito de combustible tiene lugar en galones americanos o en litros.

La indicación del contendido del depósito de combustible tiene lugar en pasos de un litro o de 0,2 galones. No se precisa codificación para el tipo de depósito (depósito normal o bolsa para esquís).

1.7 SISTEMA A DISEÑAR

El sistema a diseñar (SIA = sistema de información para automóvil) será similar a los sistemas de información avanzada comerciales existentes, en los que se incluyen las funciones la medición del consumo de combustible y distancia recorrida, visualizándose además la división de estas dos medidas, al cual se lo denomina consumo medio de combustible, y conservando el almacenamiento de datos de distancia recorrida y consumo de combustible.

Es oportuno mencionar que la parte central del proyecto de titulación, será la medición del consumo de combustible y la distancia recorrida, en tal sentido, las funciones adicionales que se incorporan hacen que el sistema sea más versátil, de tal forma que se pueda realizar una versión comercial del mismo. Se podrá instalar en automóviles de cualquier marca e incluso en vehículos a carburador con ligeras modificaciones.

1.7.1 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA A DISEÑAR

Basándose en un sistema de información para automóvil marca Mercedes Benz se determinaron las siguientes funciones a ejecutar por el sistema a diseñar:

- Indicación del contenido del depósito de combustible
- Indicación y cálculo de la autonomía previsible
- Indicación y cálculo de consumo instantáneo de combustible en [l/100Km] y [l/h]
- Indicación y cálculo del consumo de combustible medio
- Indicación y cálculo de consumo de combustible
- Indicación y cálculo de trayecto recorrido
- Indicación de tiempo de viaje
- Indicación y cálculo de velocidad media

- Indicación y cálculo de trayecto por recorrer
- Indicación y cálculo de tiempo de llegada previsible
- Indicación de velocidad máxima alcanzada por el vehículo
- Indicación de Hora y Fecha (con opción de igualación)
- Indicación de Velocidad Instantánea
- Indicación de Temperatura del motor
- Indicación de Temperatura al interior del vehículo.
- Almacenamiento de datos de forma automática una vez que se ha consumido una cierta cantidad de combustible (valor a determinarse en pruebas).
- Descarga de datos y calibración del sistema mediante una interfaz serial con el PC

1.7.2 CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE

El diseño de hardware se lo hará considerando características físicas y técnicas que permitan al sistema de información ser instalado en un gran número de automóviles con modificaciones mínimas en su hardware.

Las características más importantes referentes al hardware se presentan a continuación:

- El sistema de información contará con un microprocesador PIC que se encargará de procesar las diferentes señales a medir y del manejo de periféricos.

- El acceso y presentación de la información, se realizará mediante periféricos tales como: un teclado compuesto de cinco teclas y un micro-interruptor para navegación entre las diferentes pantallas de información, configuración e ingreso de datos y un display de cristal liquido para visualizar la información de las variables medidas.

- Tendrá un reloj en tiempo real que proporcionará datos de hora, minutos, segundos y calendario en tiempo real (RTC), y que permitirá realizar el cálculo de tiempo de viaje transcurrido.

- Se tendrá además una memoria que permitirá almacenar datos de distancia recorrida y combustible consumido que permitirá realizar el análisis del rendimiento de un automotor dentro y fuera de la cuidad.

- La descarga de datos hacia el computador se realizará mediante una interfaz serial, con el uso de un circuito integrado MAX232 que permitirá adaptar los niveles lógicos de las líneas del microprocesador con la que exige la norma RS232.

1.7.3 CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE

El diseño de software se basará en desarrollar un programa que preste las mayores facilidades para el conductor, que requiera la mínima intervención de él y que le presente la información en un formato de fácil comprensión, de manera clara y precisa.

Las características más importantes en lo que ha software se refiere se las presenta a continuación:

- El sistema de información manejará dos conjuntos de datos permitiéndole al usuario observar el correcto desempeño del automóvil al verificar el consumo de combustible, distancia recorrida y su relación de consumo medio.

- Además tendrá la posibilidad de consultar datos acumulados o recientes de tiempo de viaje transcurrido, velocidad media, siendo estos últimos conjuntos de datos los que presentan una mayor sensibilidad ante cambios de marcha.

- Los datos de consumo de combustible, tiempo de viaje y el trayecto recorrido se almacenarán por separado en la memoria de trayectos cortos y en la memoria de trayectos largos.

Los valores derivados de estas tres últimas magnitudes como son el consumo de combustible medio y velocidad media tendrán diferentes valores ya que se calculan a partir de diferentes conjunto de datos, mientras que el conjunto de datos para trayectos cortos se evalúa a partir del arranque del automóvil, en cambio el conjunto de datos de trayectos largos se calcula desde la última reposición (RESET) de la memoria de trayectos largos.

Existen valores tales como la velocidad máxima alcanzada por el automóvil, hora y fecha, velocidad instantánea, temperatura del motor, temperatura interna que se calcularán y visualizarán independientemente del conjunto de datos que se esté utilizando.

Por último existirán valores que únicamente se calculan con el conjunto de datos para trayectos cortos como son la autonomía previsible, distancia por recorrer, tiempo de llegada ya que reaccionan con mayor sensibilidad ante la situación actual de marcha que si se calcularan a partir del conjunto de datos de trayectos largos.

A diferencia de los sistemas de información avanzada, que vienen instalados en automóviles de gama alta, el sistema desarrollado contará con opciones adicionales tales como él cálculo del consumo de combustible instantáneo, velocidad máxima alcanzada, temperatura del motor, temperatura interna, fecha y hora del sistema, distancia por recorrer y tiempo de llegada previsible.

Adicionalmente el sistema tendrá un software de interfaz que se ejecuta en el computador para efectuar la descarga de datos del sistema hacia el computador y permitir su análisis, como también la calibración del sistema en lo que respecta a la medición de distancia y velocidad instantánea.

Entre las variables que serán almacenadas están las siguientes:

- Distancia recorrida, combustible consumido para el cálculo del rendimiento más conocido como consumo medio de combustible
- Tiempo transcurrido.
- Velocidad media
- Hora y Fecha en la que se efectuó su registro.

Para los mencionados propósitos de descarga de datos y configuración del sistema, se eligió como herramienta de desarrollo del programa en el PC al paquete Visual Basic 6.0, el mismo que facilita la carga de las constantes de calibración y la descarga de datos almacenados en la memoria NVRAM, usando la interfaz RS-232C, implementando un protocolo de comandos, para distinguir entre las diferentes opciones, como:

- Lectura de datos registrados en la memoria.
- Eliminación de datos de la memoria
- Configuración de la constante "W" del automóvil.
- Configuración de la constante "VI" que permitirá visualizar la velocidad instantánea en todo su rango de variación.

CAPITULO 2

DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA

Este capítulo describe el diseño del hardware del sistema de información SIA. Se brinda una descripción general del funcionamiento del sistema, explicando el trabajo y las especificaciones de cada uno de los bloques que lo integran.

2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES BÁSICO DEL SISTEMA PROPUESTO

Un esquema general del hardware del sistema de información diseñado se muestra en la figura 2.1.

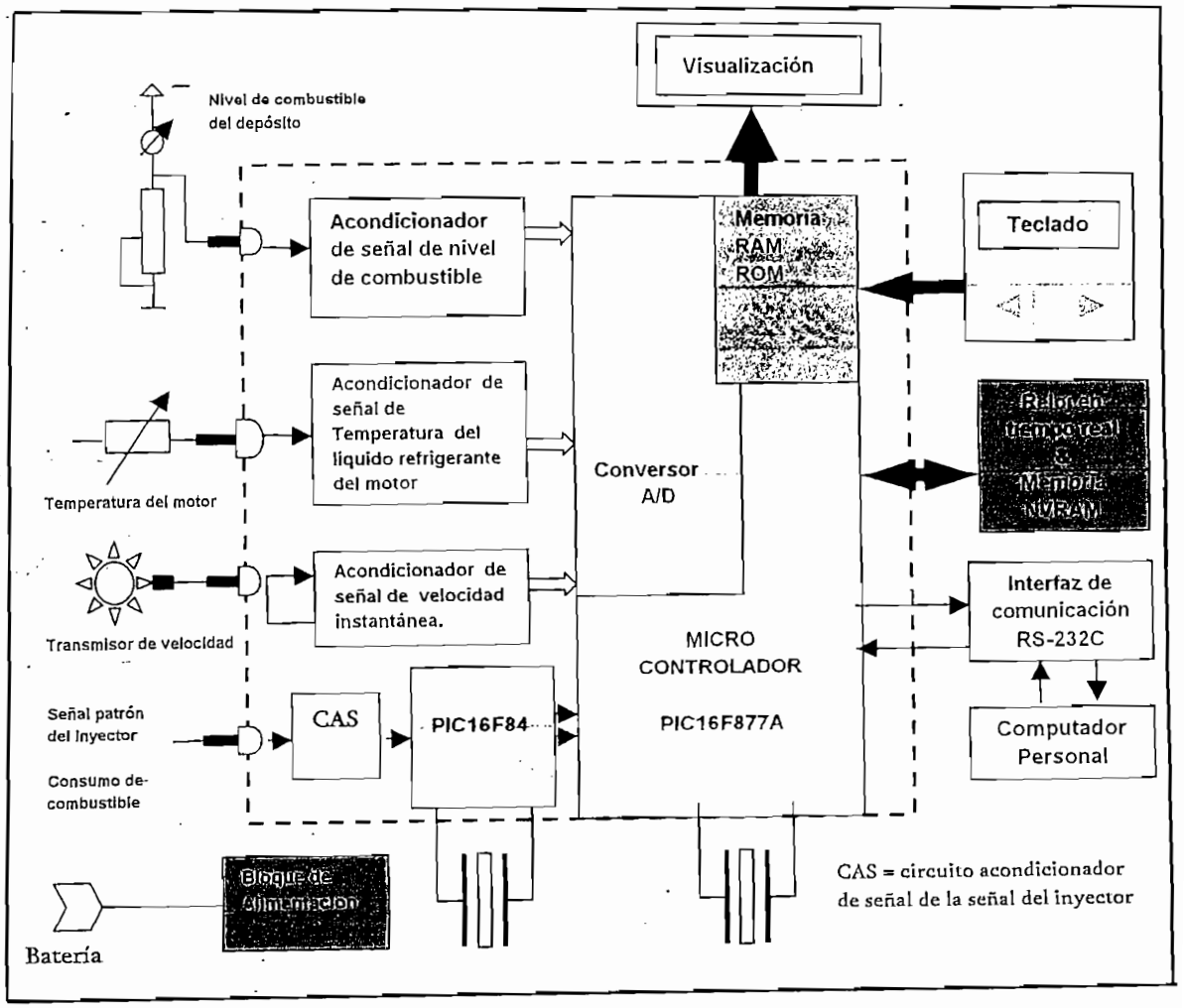


Figura 2.1 Esquema general del hardware del sistema

El sistema de información SIA consta, como se puede apreciar en la figura 2.1, de una serie de sensores colocados en distintas partes del automóvil. La señal de éstos es acondicionada para ser procesada por un microcontrolador visualizándose los resultados mediante distintas pantallas en un LCD de 2 × 20. El display puede visualizar las siguientes funciones: consumo de combustible, distancia recorrida, tiempo transcurrido, consumo instantáneo, consumo medio de combustible, velocidad media, distancia que falta hasta el punto de destino, hora estimada de llegada al destino, autonomía, combustible restante, temperatura del motor.

Las señales de entrada al sistema son:

- Señal de consumo de combustible (señal de control de la apertura de los inyectores).
- Señal de velocidad y distancia.
- Señal de nivel de combustible.
- Señal de temperatura de motor.
- Señal de temperatura interior.

Todos estos sensores vienen instalados en un automóvil Chevrolet Alto (figura 2.2), en diferentes sitios, tales como:

- La señal de control de apertura del inyector se obtienen de uno de los conectores que llegan desde la Unidad Electrónica de Control, uno de los terminales del conector es la señal de control propiamente dicha, mientras que el otro terminal se conecta al terminal positivo de la batería a partir del encendido del automóvil.

- El sensor de velocidad - distancia se encuentran ubicado en el eje de salida de la caja de cambios.

- La señal del sensor de nivel de combustible se obtiene de los cables que llegan directamente al grupo de instrumentos del automóvil para indicación de nivel.

- El sensor de la temperatura está ubicado a la salida del líquido refrigerante hacia el radiador. Es una termorresistencia tipo NTC que informa a la UEC de la temperatura momentánea del líquido refrigerante.

- El sensor de temperatura interna, no es propio del automóvil y fue ubicado en el salpicadero del automóvil, el sensor utilizado es el llamado estándar (LM35).

- Adicionalmente se ubica una fotorresistencia que permitirá sensar el nivel de iluminación, con lo cual se puede controlar el encendido del backlight del LCD al detectar un nivel de iluminación bajo.

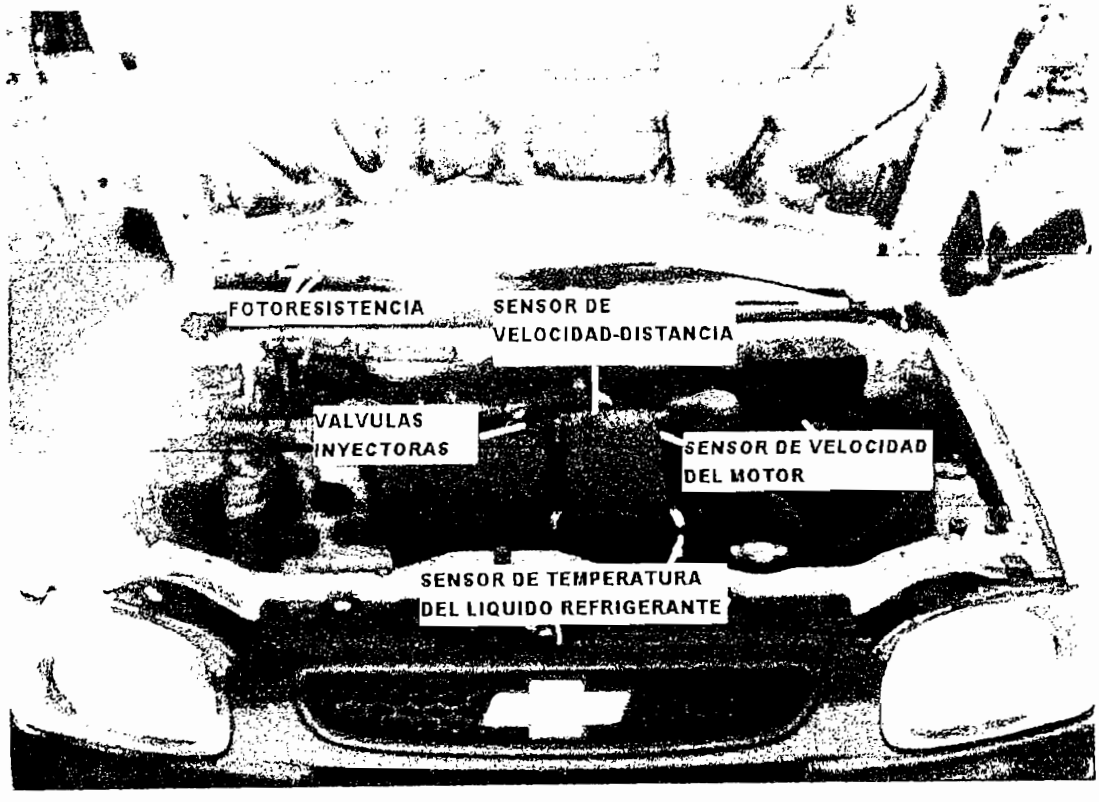


Figura 2.2 Ubicación de los sensores en el automóvil

2.2 SENSORIZACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

2.2.1 SEÑAL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

En general, para conocer el flujo de combustible utilizado para la combustión, puede utilizarse un caudalímetro, el cual genera una serie de pulsos proporcionales a la diferencia entre el caudal de combustible que llega al motor, y el retorno al depósito de combustible, como se muestra en la figura 2.3 a continuación.

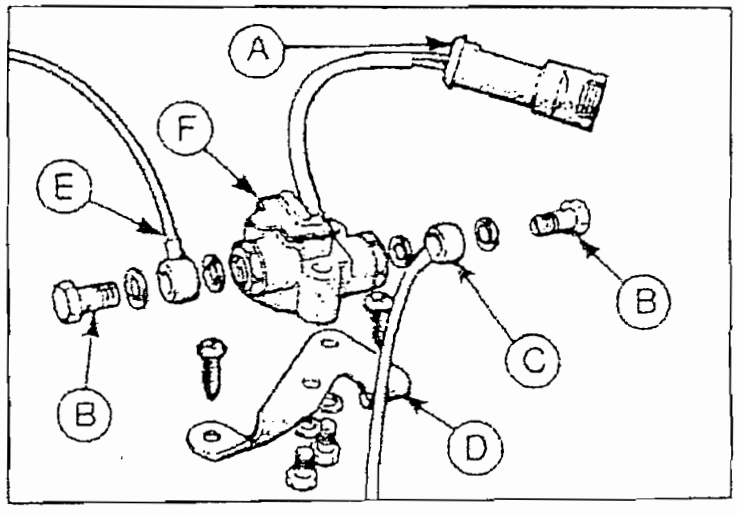


Figura 2.3 Sensor de caudal para la medición de consumo de combustible

Donde:

A = Conector para enviar la señal al módulo electrónico
B = Pernos de sujeción
C = Conducto que llega de la bomba de combustible
D = Soporte para fijar el sensor a la carrocería
E = Conducto que va hacia el carburador
F = Caudalimetro

La señal de consumo de combustible es proporcionada por un caudalimetro F instalado en el circuito de alimentación de combustible, entre la bomba de alimentación y el carburador, que se fija a la carrocería por medio del soporte D y

al que llega el combustible por C desde la bomba y sale por E al carburador. El paso de combustible por su interior hace girar a una pequeña turbina, que a su vez mueve un generador de impulsos eléctricos, cuya señal es enviada al módulo electrónico por el conector A.

Sin embargo, y dado que hoy en día la totalidad de vehículos disponen de un sistema de inyección electrónica de combustible, el sensor de consumo se simplifica bastante (no utilizándose ningún caudalímetro), utilizando los pulsos que genera la centralita del sistema de inyección para cada uno de los inyectores. Dado que la presión en la rampa de inyección es constante y que el inyector sólo es una válvula electromagnética que abre o cierra, el volumen inyectado dentro del colector de admisión depende únicamente del tiempo que está abierto. Es necesario entonces conocer la relación tiempo-volumen de combustible (caudal) proporcionado por el inyector. A continuación se muestra la ubicación de las válvulas inyectoras en el automóvil

Un inyector tiene un conector eléctrico con dos terminales (figura 2.4). Uno de éstos terminales se conecta a la tensión de la batería que es 12 V a través de un relé. El otro terminal se conecta directamente a la unidad de control [UEC]. La corriente a través del inyector circula durante el período en que la unidad de control conecta este terminal a la masa. El voltaje en este terminal durante este período es de 0 Voltios. Durante el tiempo en que el inyector no está conectado, el voltaje en el terminal es de 12 Voltios.

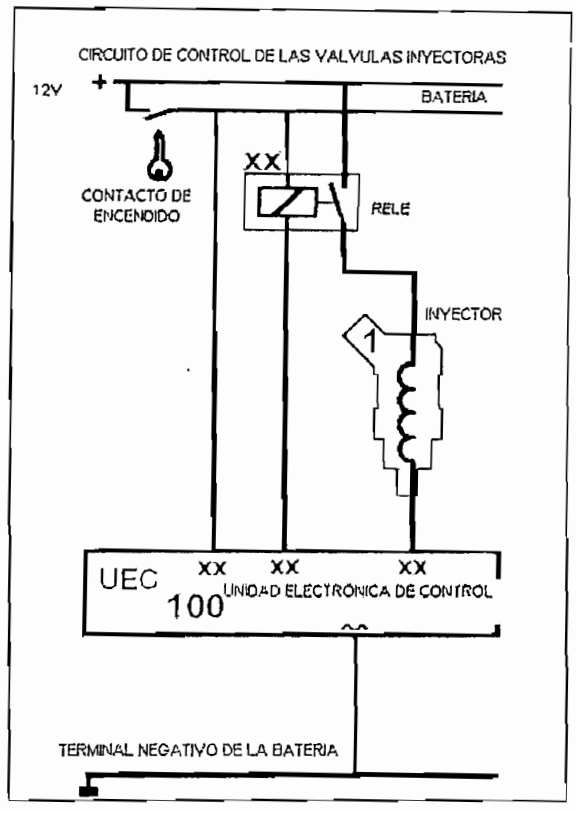


Figura 2.4 Diagrama eléctrico de la activación de los inyectores

2.2.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

La señal se obtiene de los pulsos generados por la UEC del sistema de inyección para uno de los inyectores. En el acondicionamiento de está señal, se cambia la referencia de la señal del inyector, por cuanto está señal no se encuentra referida al chasis del vehículo.

Para cambiar la referencia se utilizó opto acopladores cuya configuración se muestra en la figura 2.5.

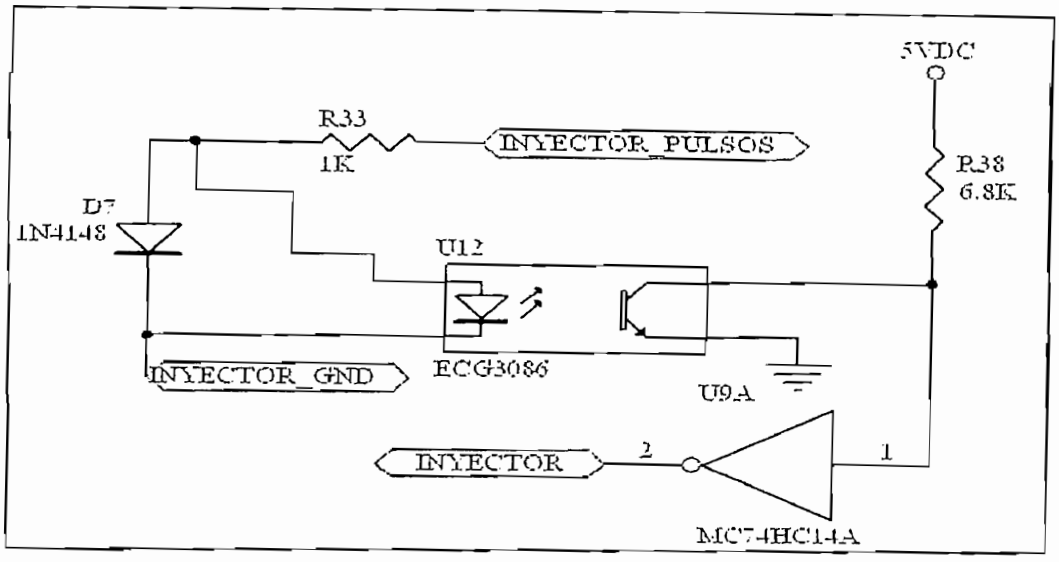


Figura 2.5 Diagrama esquemático del circuito aislador y convertidor a niveles TTL de la señal del inyector

Los valores de las resistencias R33 y R38 se calculan con los datos del fabricante del opto acoplador, el NTE 3086, cuyas características son:

Rango Máximo del LED		Rango Máximo del Fototransistor	
Corriente directa (mA)	Voltaje directo (Voltios)	Corriente de colector (mA)	Voltaje colector emisor (Voltios)
60	1.5	100	30

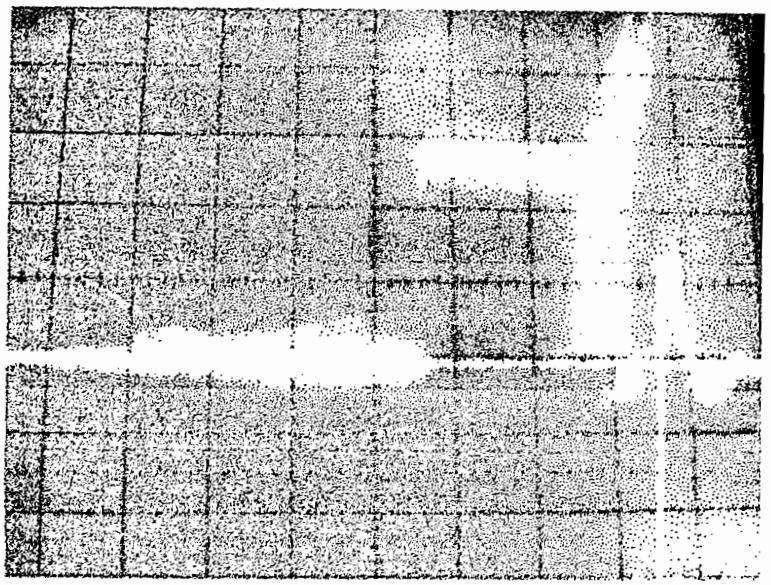
Tabla 2.1 Especificaciones técnicas del optoacoplador ECG3086

Para el dimensionamiento de la resistencia R33 encargada de limitar la corriente que circula por el diodo emisor del optoacoplador, para lo cual se consideraran las condiciones más criticas de funcionamiento, esto es el tiempo de apertura se mantiene siempre en alta, dando como resultado un voltaje de +12V.

$$R \geq \frac{V - Vd}{Id\,\max} = \frac{12 - 1.5}{60x10^{-3}} = 175\Omega \quad Ec\ 2.1$$

Cabe aclarar que los inyectores no permanecen activos todo el tiempo, ya que de acuerdo a la inyección secuencial, actúan uno o dos inyectores a la vez, incluso

en el momento de acelerar que es el momento cuando se obtienen los mayores tiempos de apertura, como se puede ver en la figura 2.6.



Escalas: 5V/div, 1ms/div

Figura 2.6 Señal de control de apertura del inyector

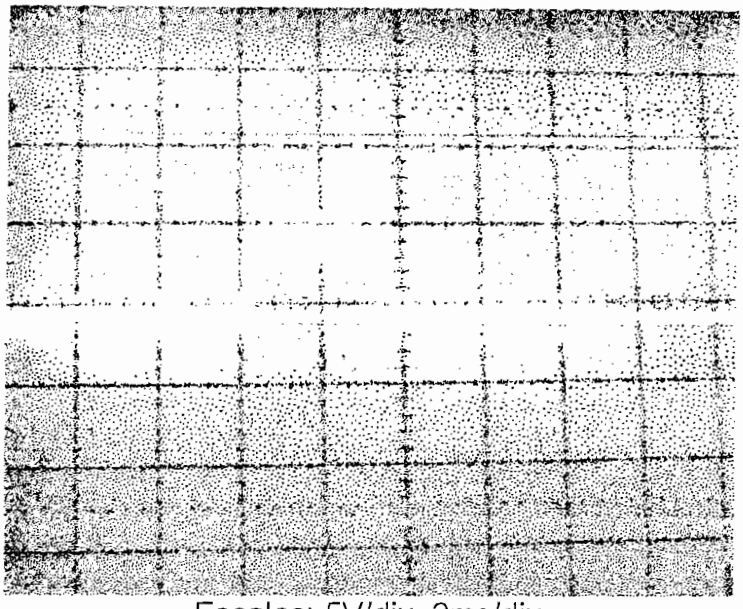
Se escoge una resistencia R33 de 1K con lo cual el LED emisor del opto acoplador trabajará a una corriente de 10,5mA. De similar manera se calcula R38, considerando la máxima corriente que puede soportar el fototransistor del opto acoplador y los pines de entrada de la compuerta inversora 74HC14, cuyo valor es 800uA.

$$R_{38} = \frac{5V}{800uA} = 6250\Omega \qquad \text{Ec 2.2}$$

Se escogió una resistencia R38 igual a 6.8KΩ trabajando con una corriente de 0.735uA para cumplir con corriente de trabajo tanto para la entrada de la compuerta inversora 74HCI4 y de fototransistor del opto acoplador.

Para recortar la parte negativa de la señal del inyector se usa el diodo D7 mostrado en la figura 2.5.

En la figura 2.7 se observa la señal de apertura del inyector después su acondicionamiento.



Escalas: 5V/div, 2ms/div

Figura 2.7 Señal de apertura del inyector acondicionada

2.2.3 SENSOR DE VELOCIDAD – DISTANCIA

La señal de velocidad del vehículo la proporciona un sensor taquimétrico (Figura 2.8) instalado en el cable flexible del velocímetro, que genera una señal eléctrica proporcional a la velocidad del vehículo en los modelos antiguos.

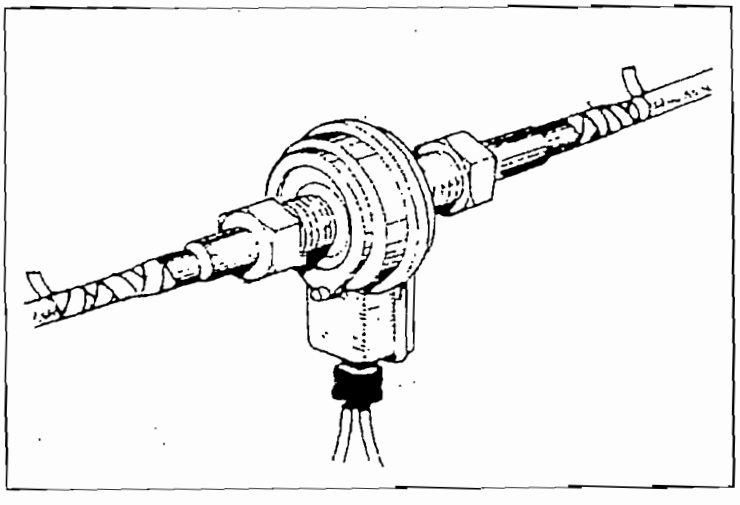


Figura 2.8 Sensor de Velocidad y Distancia

Existen algunas posibles clases de sensores aptos para detectar el giro de la cadena del velocímetro, de los cuales el sensor opto acoplador interrumpible es más recomendable por razones de costo con respecto a los demás sensores y su más fácil adquisición en el mercado.

El opto acoplador interrumpible consta, fundamentalmente de un emisor de luz (diodo led) y de un receptor (fototransistor), pudiendo actuar por reflexión o por transparencia. En el caso de los detectores por transparencia, emisor y receptor se montan enfrentados, interponiéndose entre ambos los dientes u orificios del disco acoplado al elemento móvil La anchura de las ranuras, así como su separación deben estar en relación con la rapidez de respuesta del fototransistor, debiéndose obtener impulsos claros en todo el rango de velocidades a detectar.

Una vez montado el disco en la cadena del velocímetro, el disco girará dentro del opto acoplador, cortando y saturando el fototransistor generando los pulsos proporcionales a la velocidad del vehículo.

En el automóvil Chevrolet Alto usado para las pruebas el sensor de velocidad está ubicado en el eje de salida de la caja de cambios, se basa en la tensión transversal de un conductor que está sometido a un campo magnético. Para ello hay que hacer circular por el cable una intensidad fija y acercar un imán. Los electrones que pasan por el cable se verán desplazados hacia un lado. Entonces aparece una diferencia de tensión entre los dos puntos transversales del cable. Al separar el imán del cable, la tensión transversal desaparece. Para poder utilizar la tensión transversal es necesario amplificarla, porque su valor es muy reducido. Un sensor de efecto Hall utilizado se compone de:

- Un generador magnético que suele ser un imán fijo.
- Un pequeño módulo electrónico donde se encuentran los componentes que miden la tensión transversal.
- Una corona metálica con ventanas para interrumpir el campo magnético.

La tensión obtenida a la salida del módulo electrónico, una vez tratada y amplificada corresponde con un valor alto (12 voltios) cuando la corona tapa el campo magnético, y un nivel bajo (de 0 a 0,5 voltios) cuando la corona descubre el imán (figura 2.9).

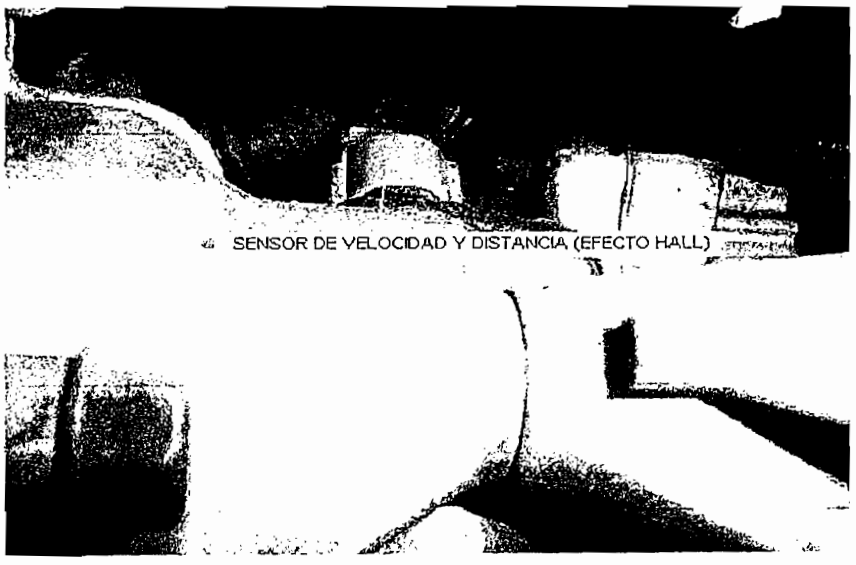
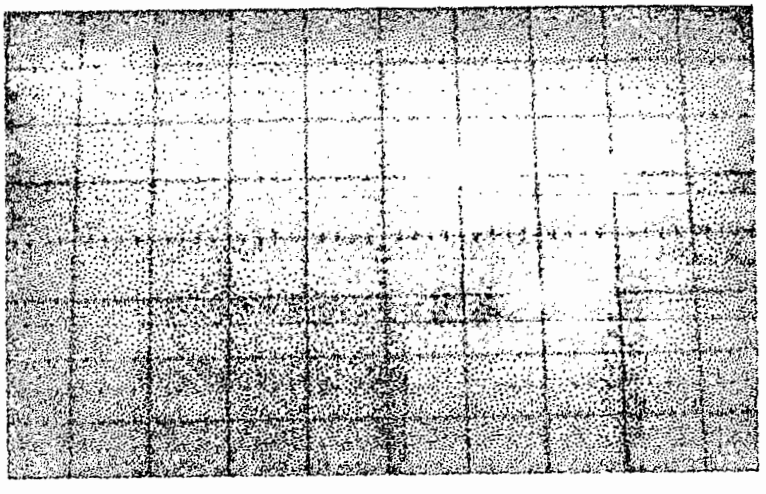


Figura 2.9. Sensor de distancia y velocidad instalado en el eje de salida de la caja de cambios del automóvil

A continuación se presenta la señal obtenida directamente del sensor de velocidad - distancia (figura 2.10).



Escalas: 5V/div, 5ms/div

Figura 2.10 Señal tomada del sensor de velocidad-distancia

2.2.4 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE VELOCIDAD - DISTANCIA

De igual forma que sucede con la señal del inyector, la señal de velocidad - distancia tiene diferentes referencias, debiéndose en primera instancia realizar un acoplamiento de impedancias de tal forma que no interfiera en el normal funcionamiento de la unidad electrónica de control [UEC] del automóvil. En la figura 2.11 se muestra el circuito para el acoplamiento que utiliza un comparador inversor (TL082CN). El potenciómetro R19 trabaja como un divisor de voltaje y proporciona el voltaje de comparación del inversor, con una tensión menor que la amplitud de la señal proporcionada por el sensor de velocidad para lograr una señal cuadrada a la salida.

A continuación se realiza el cambio de referencia de la señal de velocidad. Para esto se utilizó un opto acoplador cuya configuración se incluye en la figura 2.11.

Para el cálculo de R34 y R36 se procede de la misma forma en que se diseñó el circuito de cambio de referencia de la señal del inyector; considerando que la señal de salida del amplificador operacional es de 12V, cuando en el sensor de velocidad se tenga 0V, por lo cual el valor de resistencia viene dado por:

$$R_{34} = \frac{(12-1.5)\text{V}}{60mA} = 175\Omega \qquad \text{Ec 2.3}$$

El valor de R36 es de 6.8 KΩ, procediéndose como ya se explicó en el circuito de cambio de referencia anterior.

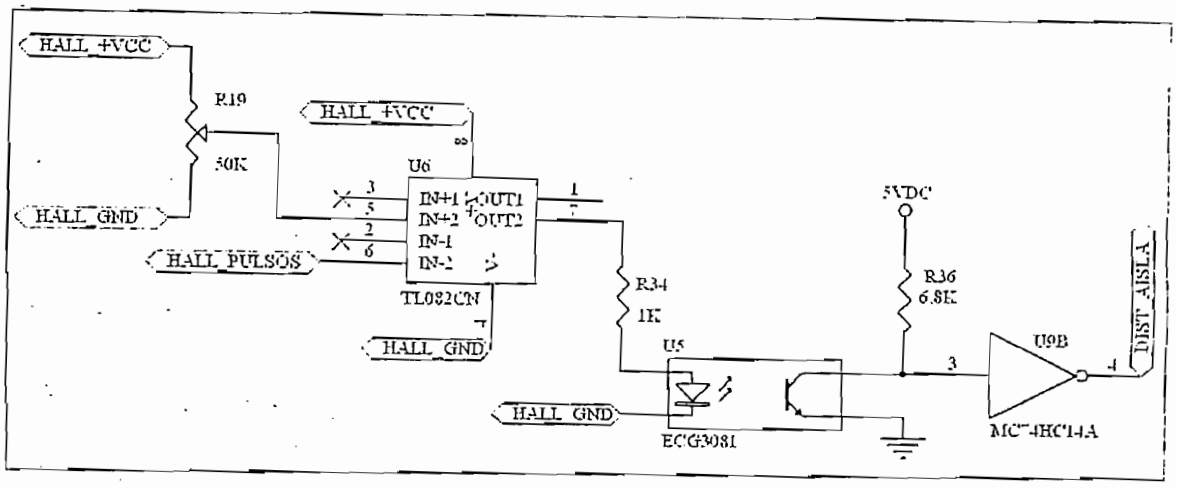


Figura 2.11 Diagrama esquemático de acoplamiento y cambio de referencia de la señal de velocidad y distancia

Finalmente la señal procedente del sensor luego de ser acondicionada continuará por dos caminos. Uno es hacia el acondicionador de velocidad que utiliza un convertidor frecuencia-voltaje [f/V], para producir una tensión proporcional a la frecuencia de entrada, que ingresará por uno de los canales multiplexados del conversor A/D del PIC16F877.

El otro camino que siguen los pulsos del optoacoplador interrumpible, luego de pasar por una compuerta inversora schmitt trigger, descrito anteriormente es hacia el contador del Temporizador/Contador de 8 bits del PIC16F877 el cual se escala a un valor conveniente para tener una precisión de n metros a nivel de software.

2.2.4.1 Diseño del conversor f/V

El rango de frecuencia de la señal de pulsos que ingresará al conversor de frecuencia a voltaje para medición de velocidad está comprendido entre 0 a 107Hz. El valor máximo del rango de frecuencias se obtuvo a la velocidad máxima de 155Km/h dada en las especificaciones técnicas del fabricante. Por una simple regla de tres se deduce que la frecuencia que se alcanzará para una velocidad

máxima teórica de 180Km/h sería de 126Hz. La frecuencia máxima con la que se *trabaja* para el diseño del conversor de frecuencia-voltaje es de 126Hz.

Observando los manuales se encontró que el LM2917 es un conversor frecuencia – voltaje que reúne las características para el acondicionamiento de la señal de velocidad. En la Figura 2.12 se muestra el circuito usado para la conversión del rango de frecuencias a voltajes comprendidos entre 0 a 5 V.

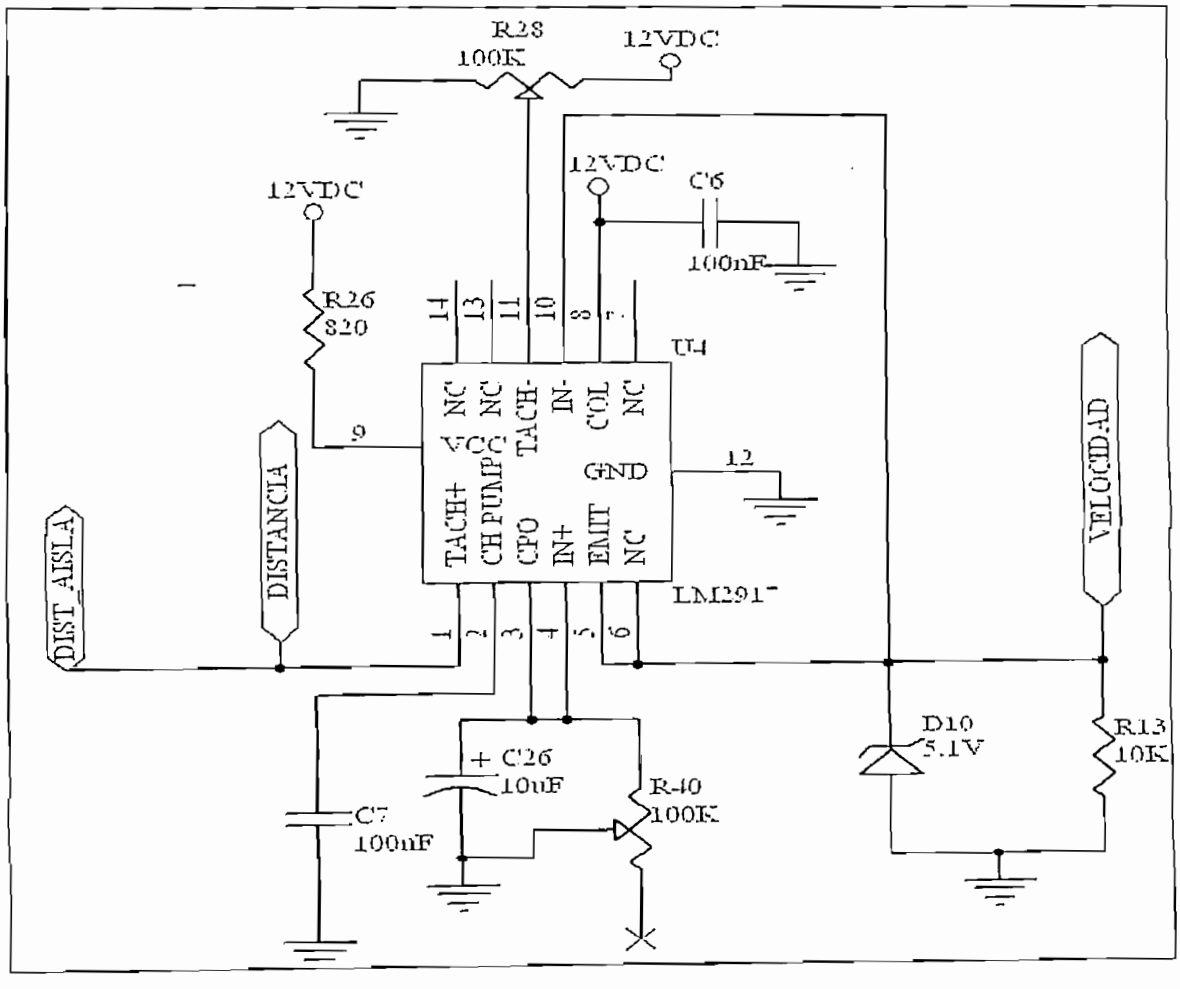


Figura 2.12. Conversión de frecuencia-voltaje del sensor de velocidad

Se usó la configuración dada por el fabricante del LM2917 y el diseño se reduce ha calcular R40, C7, C26.

Hay algunas limitaciones en la elección de R40, C7 y C26 (Figura 2.12) que deberán ser consideradas para su óptima operación. El valor de C7 deberá ser

mayor a 500pF, como se recomienda en la hoja de datos del fabricante para una buena operación del método de conversión de frecuencia – voltaje que utiliza el LM2917. Valores menores pueden causar un error en la circulación de corriente sobre la resistencia R40, especialmente a bajas temperaturas.

R40 deberá ser seleccionado acorde a la relación siguiente:

$$Vo = Vcc \cdot f_{IN} \cdot R_{40} \cdot C_7 \cdot K \quad Ec\ 2.4$$

Donde: K = 1

Considerando que se tiene el voltaje salida a plena escala de $V_o = V_{3\ Plena\ Escala} = 5V$ a la frecuencia de entrada $f_{IN} = f_{Plena\ Escala} = 126Hz$ para una velocidad de marcha de 180 km/h.

$$R_{40} = \frac{V_{3\ Plena\ Escala}}{C_7 \bullet V_{CC} \bullet f_{Plena\ Escala}} \quad Ec\ 2.5$$

Si $C_7 = 500pF$, Vcc = 12V y $f_{IN} = f_{Plena\ Escala} = 126Hz$ se tiene:

$$R_{40} = \frac{5\,V}{100\,nF \bullet 12V \bullet 126} = 33{,}07\ K\Omega$$

$\therefore R_{40} = 33{,}07K\Omega$ Entonces se utiliza un potenciómetro de 100KΩ para calibrar posibles desviaciones:

Finalmente, el rizado de voltaje deberá ser considerado y el tamaño de C26 es afectado por R40. Una expresión que describe el contenido de rizado en el pin 3 para una combinación R40, C26 es:

$$V_{RIZADO} = \frac{V_{CC}}{2} \bullet \frac{C_7}{C_{26}} \left(1 - \frac{V_{CC} \bullet f_{IN} \bullet C_7}{I_2}\right) \quad Ec\ 2.6$$

Esta muestra que R40 puede escogerse independiente del rizado, sin embargo, el tiempo de la respuesta, o el tiempo que toma VOUT para estabilizarse a una

nueva frecuencia, se incrementa con el aumento del valor de C26. Así un compromiso entre el rizado, tiempo de respuesta, y linealidad deberá ser escogido cuidadosamente.

$$f_{max} = \frac{I_2}{C_7 \cdot Vcc} \quad Ec\ 2.7$$

$$f_{max} = \frac{151.2\mu A}{100nF \cdot 12} = 125{,}99\ Hz$$

Por consiguiente, al verificar la condición [2.11] se tiene $f_{max} = 125{,}99Hz$, entonces no hay problema, porque la máxima frecuencia a utilizar es 126 Hz.

Finalmente para un voltaje máximo de rizado de 5mV se tiene la ecuación 2.8, para determinar C26:

$$C_{26} = \frac{V_{CC}}{2} \bullet \frac{C_7}{V_{RIZADO}} \left(1 - \frac{V_3}{R_{40} I_2}\right) \quad Ec\ 2.8$$

$$C_{26} = \frac{12\,V}{2} \bullet \frac{100\ nF}{5\ mV} \left(1 - \frac{5\,V}{33.07\ K\Omega \bullet 151.2\mu A}\right) = 119.99\ \mu F$$

Se utiliza un capacitor C26 de 220uF.

Debido a que no se proporciona información de cómo calcular R13, y al ver que todas las aplicaciones en las hojas del fabricante aparece R13 = 10KΩ, se procedió a colocar el mismo valor en el presente diseño.

La salida de este conversor, será directamente acoplada al microprocesador, por lo que como medida de protección para el mismo se incluye un diodo zener de 5,1V (D11), para evitar que el voltaje sea superior al aceptado por el microcontrolador.

Finalmente, la salida variará entre 0V y 5V para una variación de la velocidad instantánea comprendida entre 0 a 180 km/h.

2.2.5 SENSOR DEL NIVEL DE COMBUSTIBLE EN EL DEPÓSITO

La mayoría de los aforadores de combustible de los vehículos llevan en su interior un potenciómetro que varía su valor con el nivel. Este potenciómetro va conectado a un galvanómetro de bobinas equilibradas que es el que indica el aforo de combustible en el cuadro del automóvil.

En los vehículos actuales, la información de combustible en el depósito es proporcionada por un aforador de combustible de alta precisión (Figura 2.13), donde el reóstato o potenciómetro ha sido sustituido por una pista de resistencia pelicular C, sobre la que se desplaza el cursor movido por el flotador D. El conjunto se acopla en A al depósito, enviándose el combustible por el tubo B. El conector E se une al indicador de combustible y al módulo electrónico del sistema de información SIA.

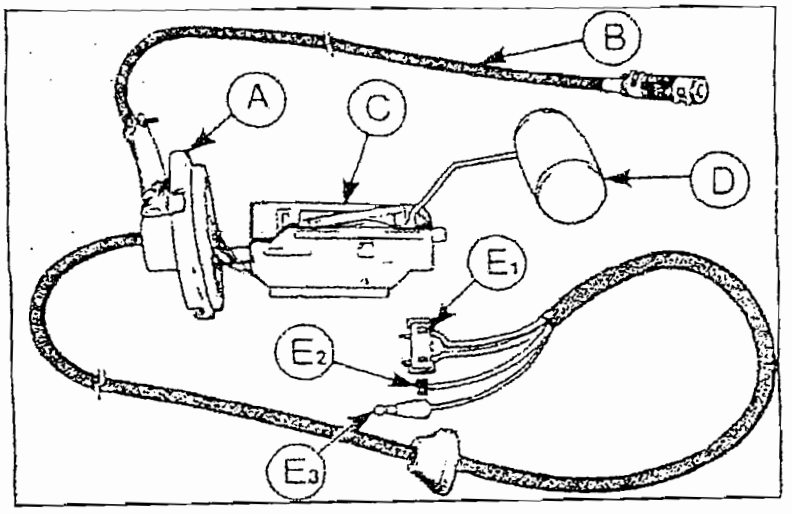


Figura 2.13. Sensor de nivel de combustible

Donde:

A Bomba de combustible

B Conducto de traslado de combustible

C Pista de resistencia pelicular

D Flotador

E Conector que va al cuadro de instrumentos

2.2.6 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE NIVEL DE COMBUSTIBLE

La señal proveniente del aforador de combustible, es acondicionada para obtener valores de voltaje comprendidos entre 0 a 1.25V. Se utiliza un amplificador operacional en configuración seguidor de tensión, y a la salida un potenciómetro que permite ajustar el voltaje de salida con un valor máximo de 1.25 V, como se puede ver en la Figura 2.14.

El valor del potenciómetro R23 es de 100KΩ. En la hoja de datos del microcontrolador PIC16F877, se recomienda poner un capacitor de 0,1uF (C16) en la entrada análoga para ayudar a una conversión más rápida. Este capacitor se cargará al voltaje análogo que esté siendo muestreado, y suplirá las necesidades instantáneas de corriente para cargar el capacitor de mantenimiento del conversor análogo digital [A/D], utilizándose además un diodo zener como protección.

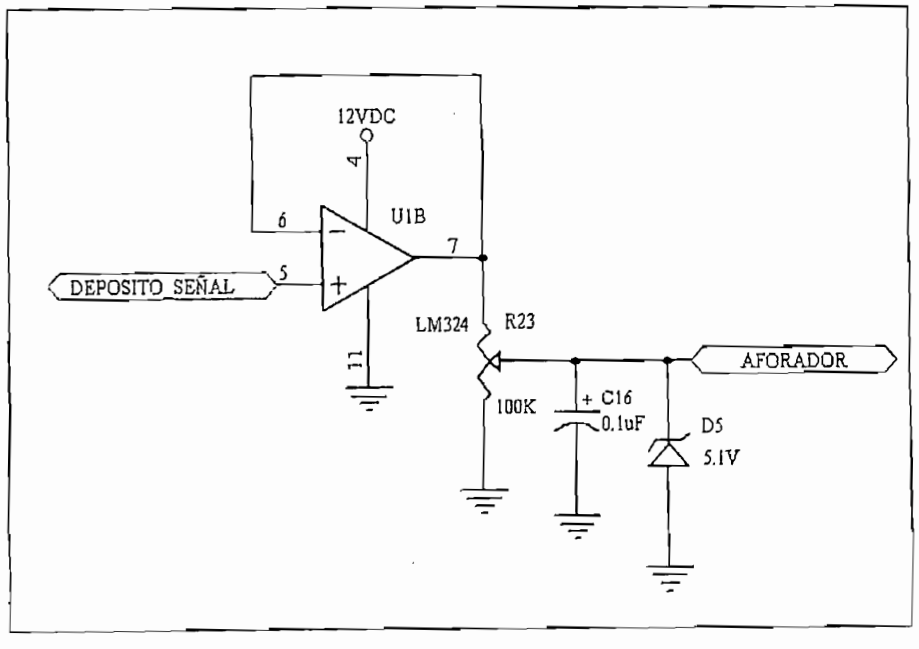


Figura 2.14. Acondicionamiento de la señal del nivel del aforador de combustible

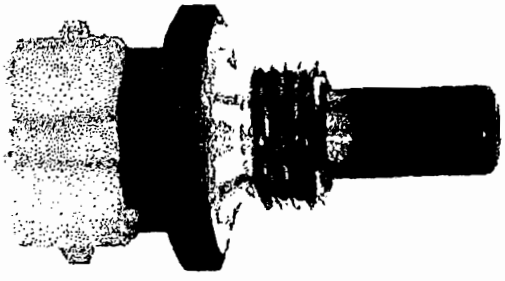
2.2.7 SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR

El sensor del líquido refrigerante es un termistor. Un termistor es una resistencia variable no lineal de acuerdo a la temperatura, estructuralmente constituido por semiconductores con coeficiente de temperatura negativo elevado.

La relación entre la resistencia del termistor NTC y la temperatura viene dada por la expresión:

$$R_t = R_o \bullet e^{B\bullet(\frac{1}{T}-\frac{1}{To})} \quad Ec\ 2.9$$

El sensor de temperatura de agua le informa al sistema que temperatura tiene el líquido refrigerante, por consiguiente le informa la temperatura del motor para que se determine la cantidad de combustible que el inyector debe suministrar al motor.



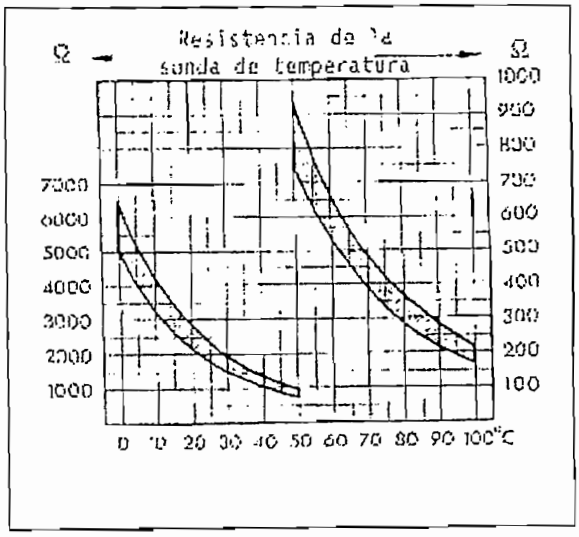


Figura 2.15 (a) Sensor de temperatura del líquido refrigerante del motor (b) Curva característica

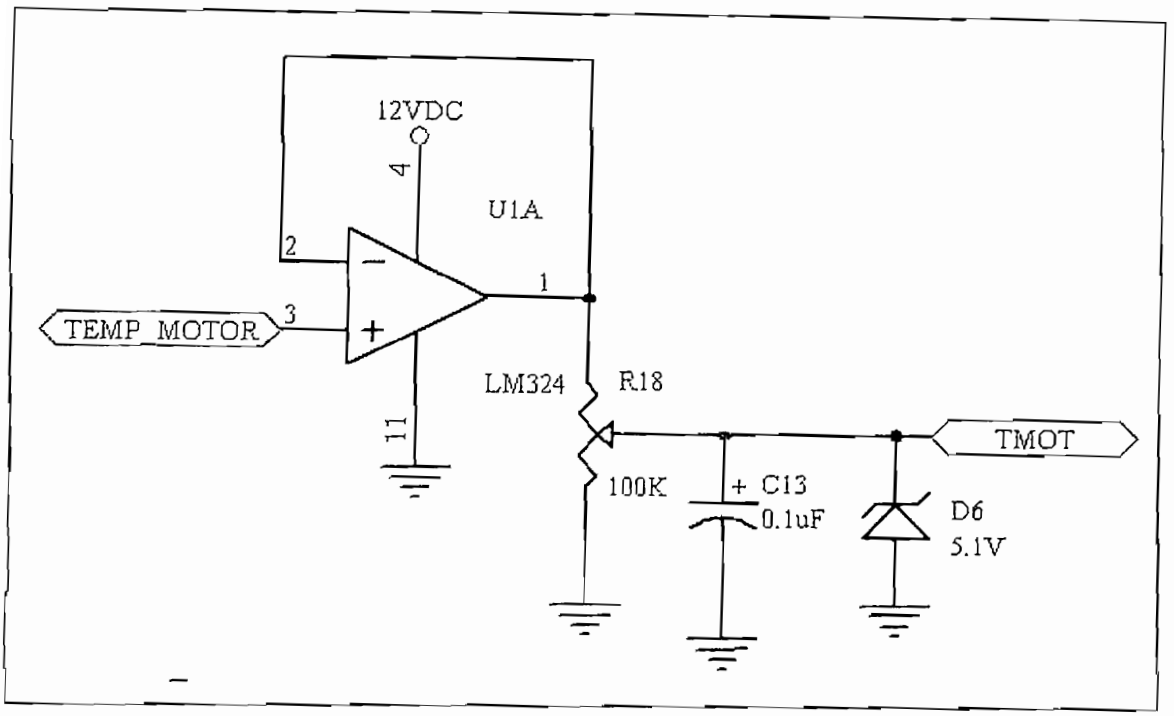
Figura 2.16_Ubicación del Sensor de Temperatura del Líquido Refrigerante en el Automóvil Chevrolet Alto

2.2.8 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE TEMPERATURA DEL MOTOR

El circuito utilizado para acondicionar la señal de temperatura líquido refrigerante del motor se basa en un amplificador operacional en configuración seguidor de tensión, seguido de un divisor de voltaje que permite escalar el voltaje a 1.25V como máximo (Figura 2.17).

Dado que el diseño del acondicionador del sensor de temperatura del líquido refrigerante del motor es muy parecido al diseño del sensor de nivel de combustible restante, se obviara la explicación de diseño. El valor del potenciómetro R18 se escogió de un valor estándar de 100KΩ, C13 tendrá un valor de 0,1 uF, utilizándose por ultimo un diodo de protección de 5,1V.

Esta señal ingresa por uno de los canales análogos, señal que permitirá leer la tabla que se diseñará en memoria de programa que describirá la respuesta no lineal del sensor de temperatura del líquido refrigerante.



2.17 Acondicionador del sensor de temperatura del líquido refrigerante del motor

2.2.9 SENSOR DE TEMPERATURA INTERNA

Para medir la temperatura interna del vehículo se usa el LM35. Es el único sensor colocado en el automóvil ya que no lo tenía originalmente.

- Tensión de salida Vout proporcional a la temperatura en una proporción de 10mV/°C.
- Rango de funcionamiento está comprendido entre 0°C a 100°C.
- Tensión de funcionamiento Vs está entre +4VDC y +30VDC.
- Precisión es de ±0,9°C.

En la Figura 2.18 se muestra el aspecto externo del sensor de temperatura estándar. La terminal +Vs se debe conectar a la tensión positiva, comprendida entre +4V a +30V. GND se conecta a 0V y Vout a la línea correspondiente del PIC, a través de un amplificador que proporcione una variación de voltaje entre 0 a 5V.

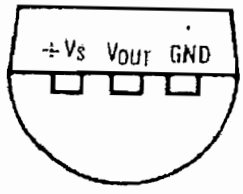


Figura 2.18. Aspecto de un sensor de temperatura LM35.

2.2.10 ACONDICIONAMIENTO DE TEMPERATURA INTERNA

El circuito acondicionador tiene dos etapas, la primera etapa se trata de un seguidor de tensión, seguido de un amplificador no inversor.

Dado que a 100°C se tendría 1V en la salida del sensor, la ganancia se calcula así:

$$G = \frac{5V}{1V} = 5$$

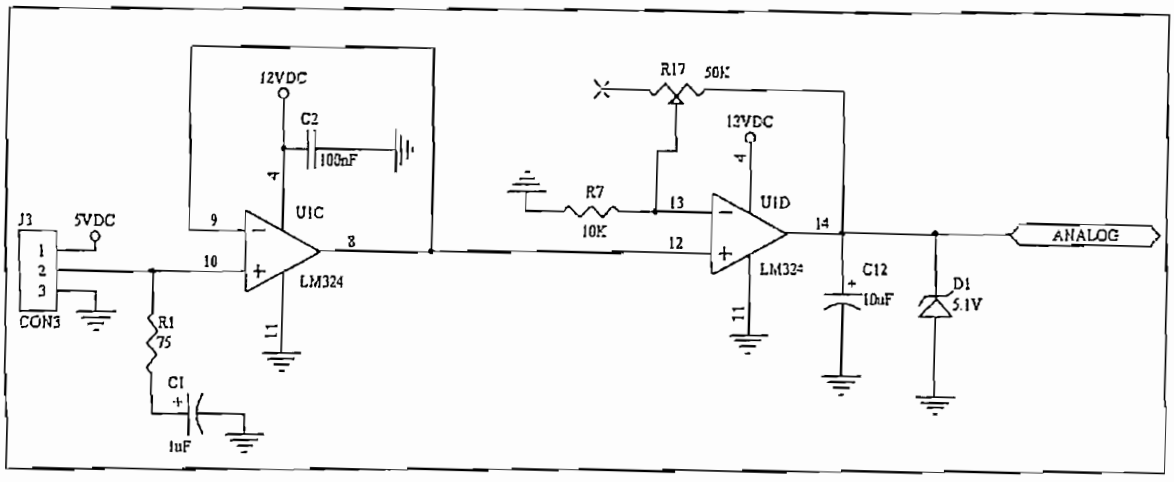
Se conoce que la ganancia del amplificador no inversor está dada por:

$$G = \frac{R_{17}}{R_7} + 1 \quad Ec\ 2.10$$

Escogiendo un valor de R7 = 10KΩ, entonces R17 se calcula como sigue:

$$R_{17} = (G-1) \bullet R_7 = (5-1) * 10K\Omega = 40K\Omega$$
$$\therefore R_{17} = 50K\Omega$$

Se optó por usar un potenciómetro de 50KΩ para calibrar la ganancia del amplificador inversor.



2.19. Acondicionador del sensor de temperatura interna

2.3 MICROCONTROLADOR PRINCIPAL

El microcontrolador central es el responsable de coordinar el funcionamiento de todo el sistema: atender la interfaz con el usuario, extraer la información de la memoria y enviarla al PC, etc. Todas estas tareas requerían de un procesador lo suficientemente rápido y poderoso como para permitir un funcionamiento seguro y confiable de todo el equipo, a la vez que el consumo y el tamaño físico debían reducirse al mínimo.

Por todos éstos motivos, sin dudarlo se optó por una arquitectura de *microcontrolador* para llevar a cabo todas estas tareas. Se estudiaron dos dispositivos distintos:

- PIC16F877 de Microchip Corp. y
- *AT90S8515* de Atmel Corp.

La Tabla 2.2 muestra un cuadro comparativo de los dos dispositivos:

	PIC16F877	AT90S8515
Tecnología de fabricación	Low Power-High Speed CMOS	Low Power-High Speed CMOS
Arquitectura	RISC, Harvard	RISC, Harvard
Frecuencia reloj max.	20 MHz	8MHz
Ciclos de reloj por cada instrucción[1]	4	1
Memoria de programa	FLASH 8K x 14 bits	FLASH 8K x 16 bits
Memoria RAM	368 bytes	512 bytes
Puerto de comunicaciones	SPI, USART	SPI, USART
Pines de entrada/salida	33	37
Cantidad de instrucciones	35	120
Consumo	< 2ma @ 5v, 4 MHz	2ma @ 3v, 4 MHz
Encapsulado[2]	PDIP 40	PQFP 44

Nota 1: algunas instrucciones utilizan el doble de ciclos.
Nota 2: disponible en el mercado local.

Tabla 2.2. Cuadro comparativo de los microcontroladores analizados

Si bien la frecuencia de trabajo del PIC es de 20MHz, el dispositivo de ATMEL tiene una arquitectura más eficiente que le permite ejecutar una instrucción por cada ciclo del reloj, mientras que los PIC tiene ciertas instrucciones que deben ejecutarse en dos ciclos de maquina. En todos los demás aspectos los dos microcontroladores son muy similares entre sí, aunque se aprecia una mejor organización estructural y funcional en el modelo de ATMEL. Debido a que ya se contaba con una cierta experiencia en el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores PIC; que se disponía de las herramientas necesarias para llevar a cabo todo el proceso y para no prolongar demasiado los tiempos de desarrollo se optó por el dispositivo de Microchip.

La limitación más importante del PIC16F877 era el encapsulado disponible en el mercado local, el PDIP, de gran tamaño físico. Si bien la empresa cuenta con modelos encapsulados en PQFP44 se hacía muy difícil (y lento) poder importarlos al país.

A continuación se indica la distribución de pines del microcontrolador y como ha sido empleado cada puerto.

Pin N°	Símbolo	I/O	Descripción	Hardware (externo)
1	VPP	I	Reset	Reset
2	RA0	I/O	PUERTO A	Señal del nivel de combustible
3	RA1			Señal de velocidad de marcha
4	RA2			Señal de velocidad del motor
5	RA3			Señal de temperatura del motor
6	RA4			Señal de distancia recorrida
7	RA5			Señal de temperatura interna
8	RE0		PUERTO B	Línea de control - lectura del RTC
9	RE1			Línea de control-escritura del RTC
10	RE2			Línea de control - ALE del RTC
11	VDD	-	Alimentación	Alimentación (+5 V)
12	VSS	-	Tierra (GND)	Tierra (GND)
13	OSC1	-		Oscilador de cristal
14	OSC2	-		Oscilador de cristal
15	RC0	I/O	PUERTO C	Frecuencia proporcional al consumo
16	RC1			DB4 (LCD)
17	RC2			DB5 (LCD)
18	RC3			DB6 (LCD)
19	RD0		PUERTO D	AD0 (BUS RTC)
20	RD1			AD1 (BUS RTC)
21	RD2			AD2 (BUS RTC)
22	RD3			AD3 (BUS RTC)
23	RC4		PUERTO C	DB7 (LCD)
24	RC5			E (LCD)
25	RC6			Transmisión serial
26	RC7			Recepción serial
27	RD4		PUERTO D	AD4 (BUS RTC)
28	RD5			AD5 (BUS RTC)
29	RD6			AD6 (BUS RTC)
30	RD7			AD7 (BUS RTC)
31	VSS	-	Tierra (GND)	Tierra (GND)
32	VDD	-	Alimentación	Alimentación
33	RB0	I/O	PUERTO B	Señal de consumo (0,1 litros)
34	RB1			RS (LCD)
35	RB2			Led indicador de Trayectos Largos
36	RB3			Led indicador de Trayectos Cortos
37	RB4			Codificación Externa (teclado)
38	RB5			Codificación Externa (teclado)
39	RB6			Codificación Externa (teclado)
40	RB7			Codificación Externa (teclado)

I = Entrada (Input) O = Salida (Output)

Tabla 2.3 Distribución de los pines del microcontrolador PIC16F877

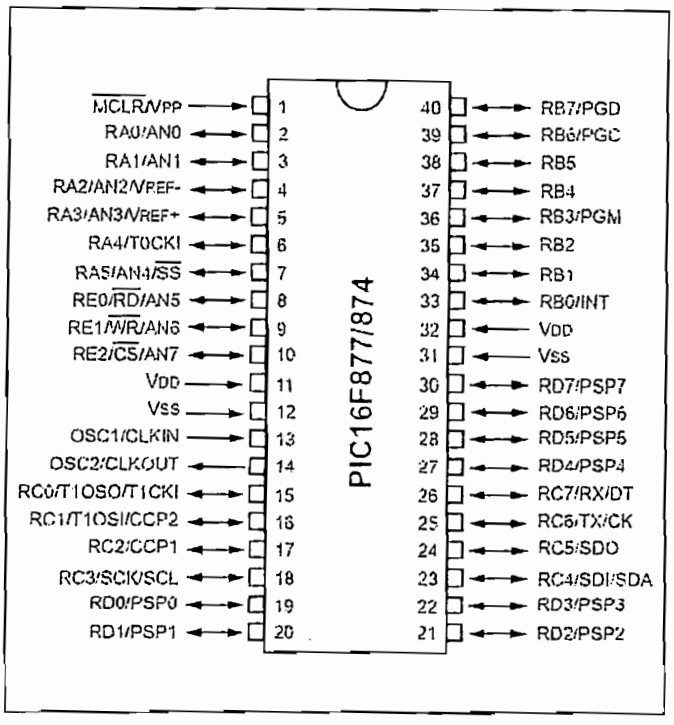


Figura 2.20 Distribución de los pines del microcontrolador PIC16F877

2.4 MICROCONTROLADOR SECUNDARIO

Este microcontrolador es el que esta encargado de la digitalización de la señal de consumo, generando pulsos cuya frecuencia depende del tiempo de inyección, para enviar una señal cada 0,1 litros consumidos al microcontrolador principal. Es claro que el microcontrolador que se escoja debe contar con un temporizador y un mínimo de 3 pines disponibles, lo cual no es difícil de cumplir, pero los factores que sopesaron más en la elección, fueron el tamaño y el costo, con el fin de reducir las dimensiones y costo del módulo electrónico lo más posible.

Se optó por utilizar un microcontrolador secundario, para darle al sistema una mayor facilidad en la calibración de la medición de consumo de combustible. Requiriendo para ello realizar la modificación del programa desarrollado variando la base de tiempo.

Se analizaron dos dispositivos distintos:

- PIC16F84A de Microchip Corp. y
- PIC12F508A de Microchip Corp.

La Tabla 2.4 muestra un cuadro comparativo de los dos dispositivos:

	PIC16F84A	PIC12C508A
Tecnología de fabricación	Low Power-High Speed CMOS	Low Power-High Speed CMOS
Arquitectura	RISC, Harvard	RISC, Harvard
Frecuencia de reloj máxima	20MHz	4MHz
Ciclos de reloj por cada instrucción	4	4
Memoria de programa	Flash 1K x 14 bits	EPROM 512 x 12 bits
Memoria RAM	68 bytes	25 bytes
Puerto de comunicaciones	UART	-
Pines de entrada/salida	13	6
Cantidad de instrucciones	35	33
Consumo	< 2.0 mA @ 5.0V, 4.0 MHz	< 2.0 mA @ 5.0V, 4.0 MHz
Encapsulado	PDIP 18	PDIP 8
Temporizadores/Contadores	1	1
Costo	$6	$13

Tabla 2.4. Cuadro comparativo de los microcontroladores analizados

Se optó por elegir el PIC16F84A por sus características técnico-económicas y su tamaño razonablemente reducido.

Pin N°	Símbolo	I/O	Descripción	Hardware (externo)
1	RA2	I/O	PUERTO A	-
2	RA3			-
3	RA4			-
4	#MCLR		Reset	Reset
5	VSS		Tierra (GND)	Tierra (GND)
6	RBO/INT	I/O	PUERTO B	-
7	RB1			-
8	RB2			-
9	RB3			-
10	RB4			Señal de consumo (0,1 litros)
11	RB5			Frecuencia proporcional al consumo

12	RB6			-
13	RB7			-
14	VDD	-	Alimentación (+5 V)	Alimentación (+5 V)
15	OSC1	-	Oscilador de Cristal	Oscilador de cristal
16	OSC2	-	Oscilador de Cristal	Oscilador de cristal
17	RA0			Señal Acondicionada del Inyector
18	RA1	I/O	PUERTO A	

I = Entrada (Input) O = Salida (Output)

Tabla 2.5 Distribución de los pines del microcontrolador PIC16F84A

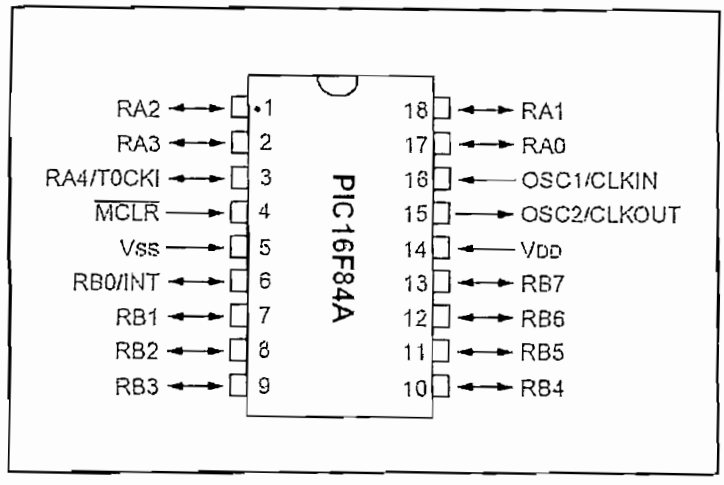


Figura 2.21 Distribución de los pines del microcontrolador PIC16F84A

2.5 RELOJ DE TIEMPO REAL Y MEMORIA

Para llevar a cabo la selección de la memoria se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Capacidad de almacenamiento
- Velocidad de acceso
- Volatilidad

Para determinar la *capacidad de almacenamiento* mínima de la memoria se procedió con el siguiente análisis:

Debido a que se requieren inicialmente 18 localidades, para poder almacenar los datos relevantes, y que regularmente el automóvil realiza diez viajes al día de

trayectos cortos, se obtuvo 180 localidades diarias requeridas, lo que al mes representa 5580 localidades. Entonces se necesita una memoria de 8Kbytes como mínimo, e incluso más, pudiéndose en un futuro ampliar las opciones de almacenamiento de los diferentes parámetros del sistema de información.

En cuanto a la *velocidad de acceso* de la memoria se consideró que se iba a trabajar con una interfaz de comunicación serial con un máximo de velocidad de 9,6 Kbit/seg. Si está es la frecuencia con que los datos deben fluir desde la memoria al PC, el tiempo de acceso requerido para la memoria se encuentra en el orden de los 104 useg; cualquier memoria que manejase éstos tiempos (o menos) podría ser una posible candidata. Tiempos de acceso de está magnitud no son difíciles de encontrar en las memorias disponibles actualmente, por lo que la variedad era amplia.

La *volatilidad* de una memoria está relacionada con la capacidad de ésta para retener la información almacenada cuando se retira la fuente de alimentación. De este modo, se puede clasificar a las memorias en:

- Volátiles: pierden los datos almacenados cuando no están alimentadas.
- No volátiles: retienen los datos almacenados aún cuando no están alimentadas.

Existe otro tipo de clasificación de memorias que tiene que ver con el tipo de acceso:

- RAM: Memoria de Acceso Aleatorio. Esta arquitectura permite leer y escribir en cualquier zona de la memoria en forma aleatoria. Por lo general son del tipo *volátil*.

- ROM: Memoria de Solo Lectura. Estas memorias vienen programadas de fábrica y solo es posible leerlas. Sus contenidos no pueden alterarse. Son *no volátiles*.

- PROM: Memoria Programable de Solo Lectura. Este tipo de memoria *no volátil* puede ser programada solamente una vez, luego de lo cual sus contenidos no pueden alterarse.

- EPROM: Memoria Programable y Borrable de Solo Lectura. Son parecidas a las PROM pero sus contenidos pueden borrarse (totalmente) exponiendo la pastilla de circuito integrado a la acción de una luz ultravioleta.

- EEPROM (E2PROM): Memoria Programable y Borrable Eléctricamente de Solo Lectura. Las EEPROM pueden borrarse eléctricamente y programarse con nuevos contenidos. Son del tipo *no volátil*. Este tipo de memoria ha evolucionado notablemente en los últimos tiempos. Uno de los aspectos que más se ha mejorado es su *velocidad de acceso*, lo que dio origen a un nuevo tipo de memoria. E2PROM denominado FLASH E2PROM (por la rapidez).

- NVRAM: Memoria de Acceso Aleatorio No Volátil. Esta arquitectura permite leer y escribir en cualquier zona de la memoria en forma aleatoria. A diferencia de las memorias RAM estas memorias son del tipo *no volátil*. Mantienen los datos en ausencia de energía, contando con un circuito adicional de respaldo de energía. Este tipo de memoria es la que mejores posibilidades ofrecía para el sistema en cuestión.

Se escogió el circuito integrado DS17887-5 de Dallas Semiconductor, el cual corresponde a un reloj de tiempo real que tiene entre sus características extendidas, una memoria extendida NVRAM de 8Kytes de capacidad, maneja una interfaz paralela, por lo cual tiene tiempo de acceso bajo en el orden de los nanosegundos.

Este elemento cumple los 3 criterios considerados para la selección de la memoria (Tabla 2.6).

Características de selección	Valores requeridos	Características del DS17887-5
Capacidad de almacenamiento	4Kbytes	8Kbytes
Velocidad de acceso	104 us	En el orden de los ns
Volatilidad	No volátil	Memoria Extendida NVRAM

Tabla 2.6 Tabla para la constatación del cumplimiento de las características requeridas

El reloj de tiempo real DS17887-5 cumple con las necesidades de registro del tiempo y muchas de las necesidades en la adquisición de datos, con un reducido número de pines ya que cuenta con la multiplexación de sus buses de direcciones y datos.

- La circuiteria de control de energía que se encarga de la alimentación del sistema se activa por un Wake-up o Kickstart.
- 114 bytes de usuario NVRAM.
- La entrada de batería auxiliar.
- 8 Kbytes adicional de NVRAM (memoria extendida).
- El registro del siglo.
- Disponible como chip (DS17885) o autosuficiente el módulo con la batería y cristal incluido (DS17887).
- El algoritmo de tiempo real incluye año bisiesto compensación válida hasta el 2100.

Un aspecto que contribuyó a la selección de este integrado es, el hecho de contar con el bus de direcciones y datos multiplexado, reduciendo de está forma los pines necesarios para su manejo.

Pin N°	Símbolo	I/O	Función
1	#PWR	O	Salida de Interrupción de Encendido
2	X1	I	Entrada del cristal (NC)
3	X2	O	Salida del cristal (NC)
4	AD0	I/O	Bus Multiplexado de Direcciones/Datos
5	AD1		
6	AD2		
7	AD3		
8	AD4		
9	AD5		
10	AD6		
11	AD7		
12	GND	-	Tierra (0V)
13	#CS	I	Entrada de Selección del Chip RTC
14	ALE	I	Pulso de retención dirección del RTC
15	#WR	I	Pulso de Escritura de Datos del RTC
16	GND		Tierra (NC)
17	#RD	I	Pulso de Lectura de Datos del RTC
18	#KS		Entrada de Arranque (Kickstart)
19	#IRQ	O	Salida de demanda de Interrupción
20	VBAT	I	la Batería + el Suministro
21	#RCLR	I	Entrada de limpieza de la RAM
22	VBAUX	-	Batería Auxiliar (NC)
23	SQW	-	Salida de Onda Cuadrada
24	VCC	-	+5V Suministro Principal

I = Entrada (Input) O = Salida (Output)

Tabla 2.7 Distribución de los pines del Reloj en Tiempo Real

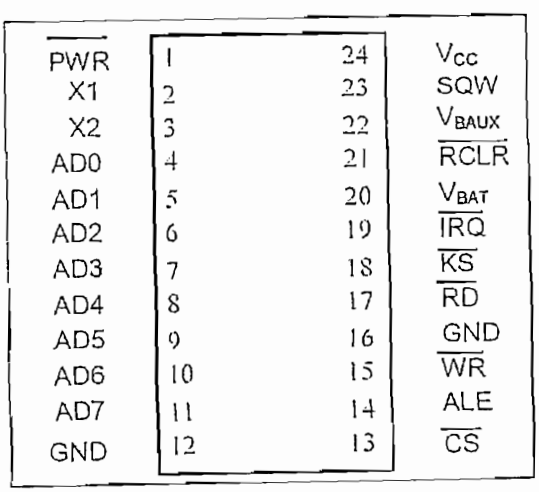


Figura 2.22 Distribución de los pines del Reloj en Tiempo Real

Las características más importantes utilizadas del reloj en tiempo real DS17887-5 se resumen a continuación:

- Posee un bus de direcciones y datos multiplexados (8 bits) AD0-AD7 bidirecional que se maneja con el Puerto D para leer en los registros de control, reloj, calendario, localidades de memoria de usuario y localidades de memoria extendida de 8 Kbytes.

- Para leer o escribir en la memoria extendida del RTC se puede habilitar el modo de estallido (Burst), que permite escribir en localidades consecutivas, para ello se debe definir la dirección de inicio desde donde se comenzará a leer o escribir.

- El relōj en tiempo real se puede configurar para un formato en BCD o Hexadecimal y configurar el modo de 12 o 24 horas.

Para realizar las operaciones de lectura o escritura del RTC, se utilizan las siguientes líneas de control:

- ALE (pin 14), Este bit le informa al RTC que el dato que se encuentra en el bus de datos será la dirección que va a ser leída o escrita, se controla con el pin 10 del puerto E del microcontrolador.

- #WR (pin 15), este bit le informa al RTC que se realizará una operación de escritura de la dirección anteriormente definida, controla con el pin 9 del Puerto E del microcontrolador.

- #RD (pin 17), este bit le informa al RTC que se realizará una operación de lectura de la dirección anteriormente definida, y se controla con el pin 8 del Puerto E del microcontrolador.

El circuito de conexión del DS17887-5 con el microcontrolador es el siguiente:

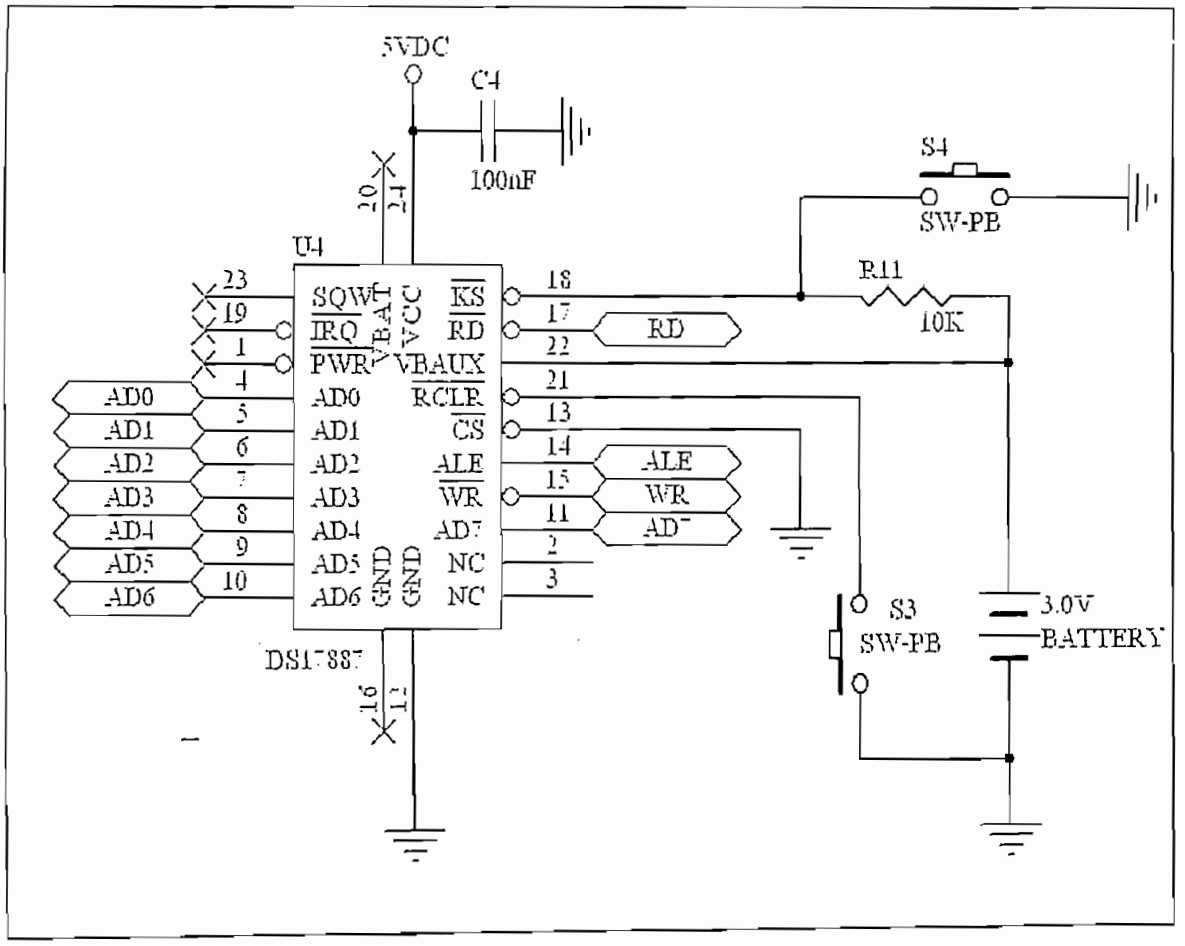


Figura 2.23 Conexión del DS17887-5 al microcontrolador

2.6 PANTALLA DE CRISTAL LIQUIDO (LCD)

El bloque de visualización está conformado por una pantalla de cristal líquido conectado a uno de los puertos del microcontrolador, que permite visualizar las diferentes ventanas de información y estados del sistema.

Para la selección del LCD, se consideraron las siguientes características:

- Área de visualización
- Tamaño del carácter
- Medidas globales
- Numero de filas y columnas

- Tecla "Esc"
- Tecla "Up"

- Tecla "Down"
- Tecla "RESET"
- "Interfaz RS232" (Micro-interruptor)

Se aclara que existen dos modos principales de funcionamiento:

- Modo de funcionamiento normal
- Modo de selección del menú

Las teclas como "Enter", "Esc", "Up" y "Down" realizan tareas similares tanto en el modo normal y menú, con la diferencia que todas y cada una genera un código diferente al ser presionadas.

La tecla ENTER acepta datos ingresados y el interruptor de interfaz pasa al modo de selección de menú y la tecla RESET encera los valores de consumo de combustible, distancia recorrida y tiempo transcurrido (cuando la tecla de interfaz se encuentra inactiva), ESC sirve para cancelar la acción.

En el modo de selección Up selecciona trayectos largos y cortos. Down selecciona modo On-line. ENTER acepta la opción escogida. ESC se usa para cancelar la opción. Si el interruptor de interfaz está activado, la tecla RESET está inhabilitada. Si Interfaz no está activo, RESET encera.

HEX	DCBA	# TECLA	Función
0	0 0 0 0		-
1	0 0 0 1		-
2	0 0 1 0		-
3	0 0 1 1	Reset T.	Reposiciona el conjunto de datos de trayectos
4	0 1 0 0		-
5	0 1 0 1		-
6	0 1 1 0		Escoge la función seleccionada *(menú)*
7	0 1 1 1	Enter	Ingresa el dato configurado
8	1 0 0 0		Cancela la selección del menú *(menú)*
9	1 0 0 1	Esc	Escoge el valor por defecto, permite ingresar a la opción de igualación y salir de ella.
A	1 0 1 0		Selecciona una de las opciones del menú *(menú)*
B	1 0 1 1	Up	Avanza a la siguiente pantalla
C	1 1 0 0		Selecciona una de las opciones del menú *(menú)*

D	1 1 0 1	Down	Regresa a la pantalla previa
E	1 1 1 0		-
F	1 1 1 1		-

Tabla 2.8 Funciones que realiza cada combinación generada de la codificación externa

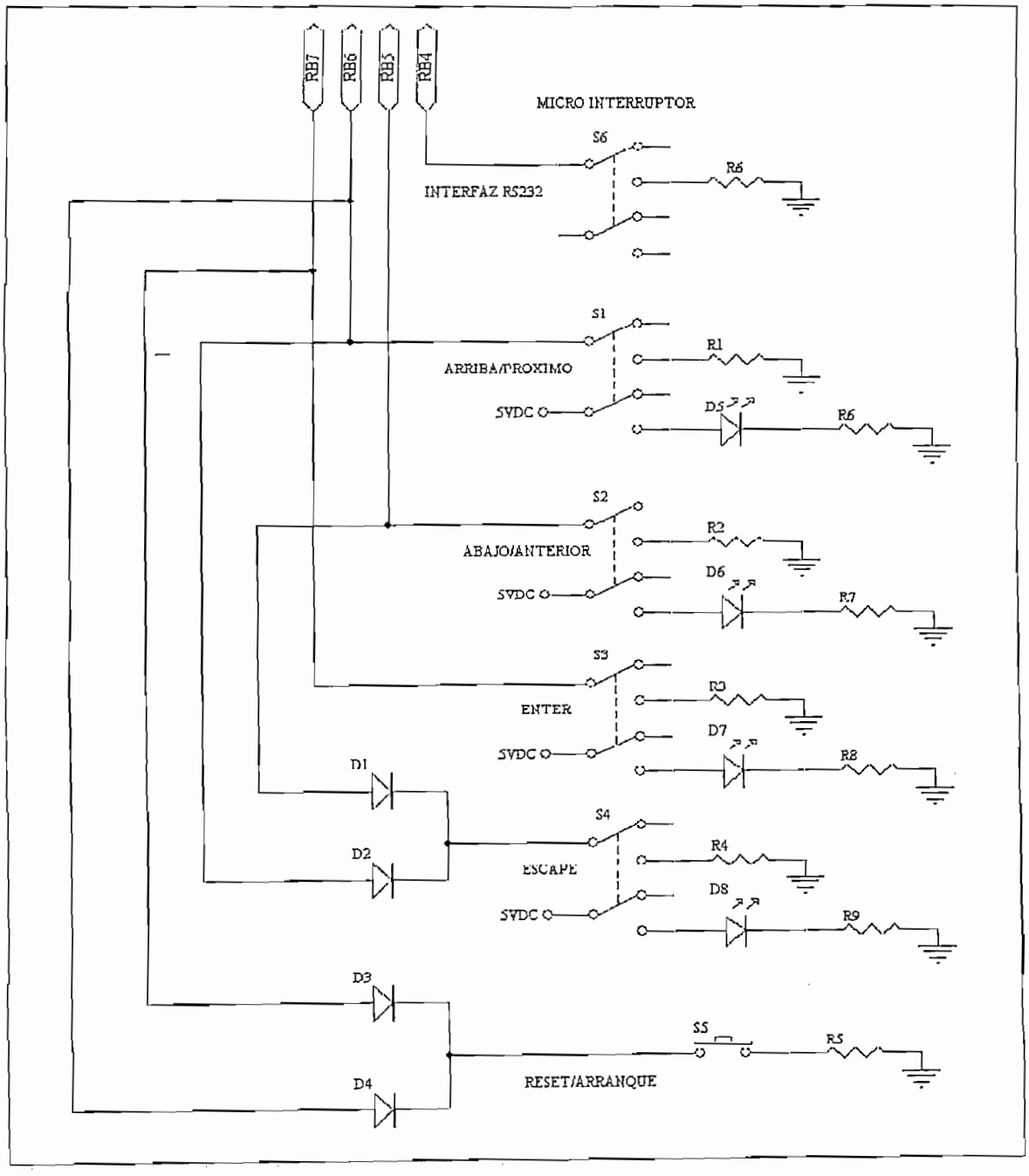


Figura 2.25. Circuito del teclado

2.8 LEDS DE VISUALIZACIÓN

Para visualizar el estado de funcionamiento del sistema de información, se utilizan leds, que pueden ser manejados directamente por el microcontrolador sin recurrir al uso de amplificadores de corriente, por lo cual se conectan los leds a través de resistencias de 330 Ω.

Estos leds D10 y D11 van conectados a los pines 35 y 36 del microcontrolador que corresponden a los bits RB2 y RB3 del puerto B respectivamente, que permiten observar que conjunto de datos se está visualizando, éstos para trayectos largos o trayectos cortos.

Existe además un indicador que permite ver si el sistema se encuentra encendido (D9). Adicionalmente se incluyen leds indicadores en el circuito de teclado que ayudan en la manipulación del teclado en horas de noche, cuando se tiene poca visibilidad (figura 2.26).

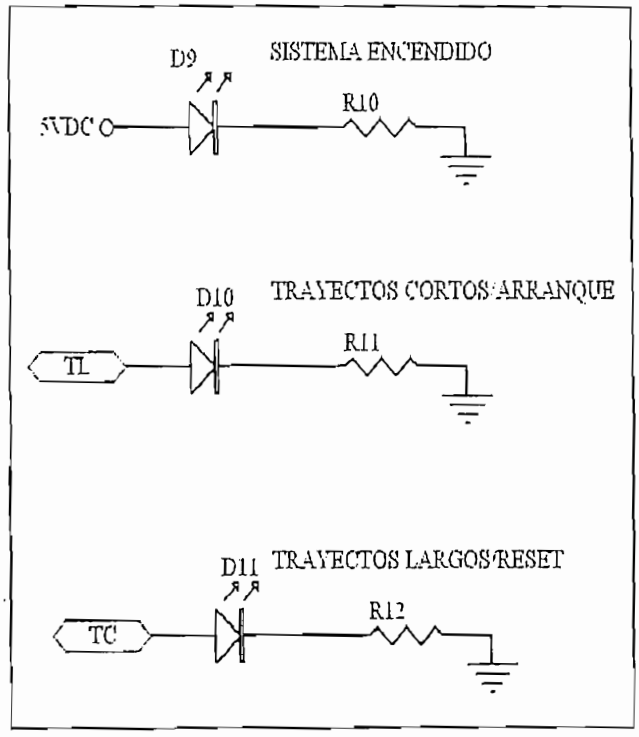


Figura 2.26 Leds de Visualización del Sistema de Información

2.9 INTERFAZ SERIAL UNIVERSAL ASÍNCRONA

Como la tensión de operación del equipo es de 5 Voltios, es necesario un circuito que traslade éstos niveles de tensión a aquellos compatibles con RS232 para realizar la comunicación serial. El circuito utilizado se muestra en la Figura 2.27.

Se usó un integrado de MAXIM, el MAX232CPE, para trasladar los niveles de tensión; cuenta con 2 *drivers* y 2 *receivers*, de los que cuales se utilizan uno de cada uno. La polarización de la placa de comunicación serial se toma de la propia PC, dado que inicialmente se requería provocar una interrupción proveniente de este módulo al sistema. Para esto se contaba con un jack con un cuarto terminal que normalmente conectaba a la línea de transmisión RC6 (pin25) y la línea RB4 (pin37) del microcontrolador principal, conectado a su vez con una resistencia pull down a tierra, que al conectar el plug al jack este cuarto terminal del jack abría el circuito provocando una interrupción ingresando directamente al modo "On-line".

Sin embargo para ingresar al modo On-line, de acuerdo al circuito final implementado, se lo realizó mediante la selección de está opción dentro del modo de selección de menú.

La alimentación de la placa de comunicación serial se realiza mediante el uso de los pines RTS (pin 7) y DTR (pin 4), las señales se ingresan a través de diodos 1N4148, que evitan corrientes reversas hacia el computador, utilizándose por último para la polarización un regulador LM7805.

Este circuito cuenta con un cable que permita conectar a los pines de transmisión (pin 25), de recepción (pin26) y referencia de la alimentación del sistema.

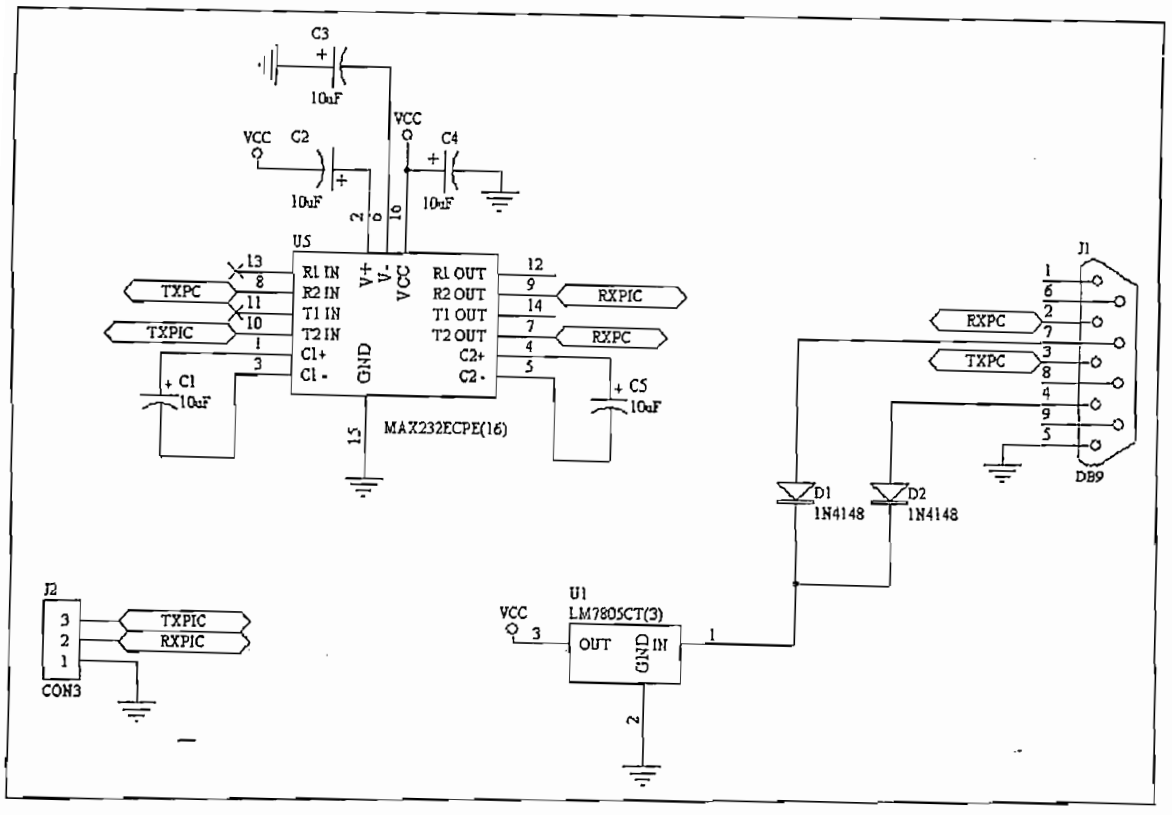


Figura 2.27. Circuito utilizado para la conexión con la PC.

Se utilizó un terminal hembra DB9 para conectar en el puerto de la PC. El otro extremo del cable, en el lado del hardware, se utilizó un conector RJ11 (tomas de teléfono) de cuatro terminales. El sistema está diseñado de manera tal que cuando se presione la tecla de selección de menú, se pueda seleccionar la opción para ingresar al modo de conexión con la PC (*On-line*).

2.10 DISEÑO DE LA FUENTE DE PODER

El automóvil posee una batería de 12V, se aprovecha está batería como fuente de alimentación para la polarización de los circuitos integrados, incluidos en la tarjeta. La tarjeta desarrollada utiliza 12V positivos para la polarización del amplificador operacional, utilizado para el acondicionamiento de las señales y una fuente positiva de 5V para polarizar los restantes circuitos integrados, como por ejemplo los microcontroladores principal y secundario, los conversores de frecuencia-voltaje, el reloj de tiempo real, etc.

En la fuente de polarización se ha incluido un relé, que permite la conexión de la fuente, al dar el contacto en el automóvil, mediante la llave de encendido. La figura 2.28 muestra el circuito para polarizar los distintos circuitos desarrollados en este capitulo.

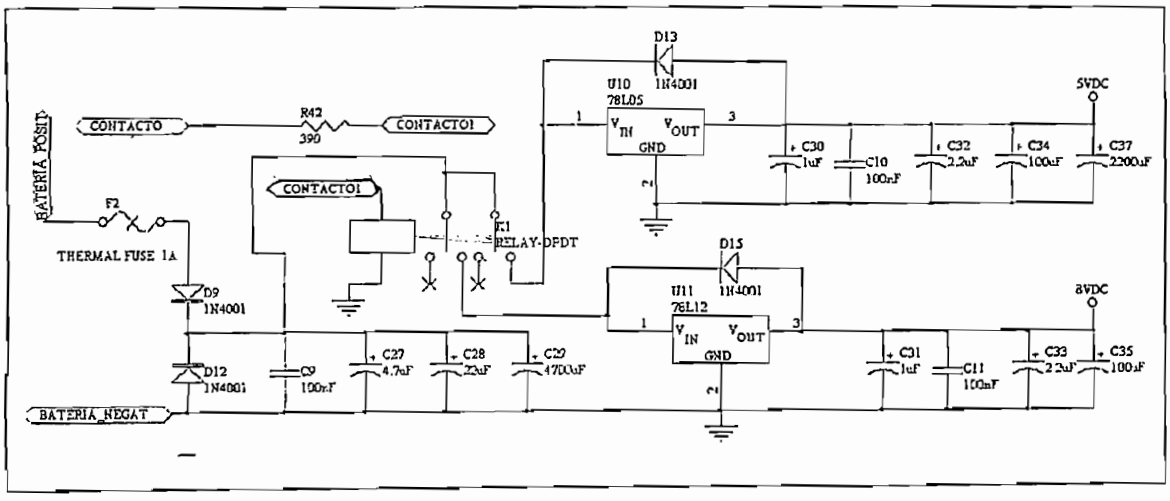


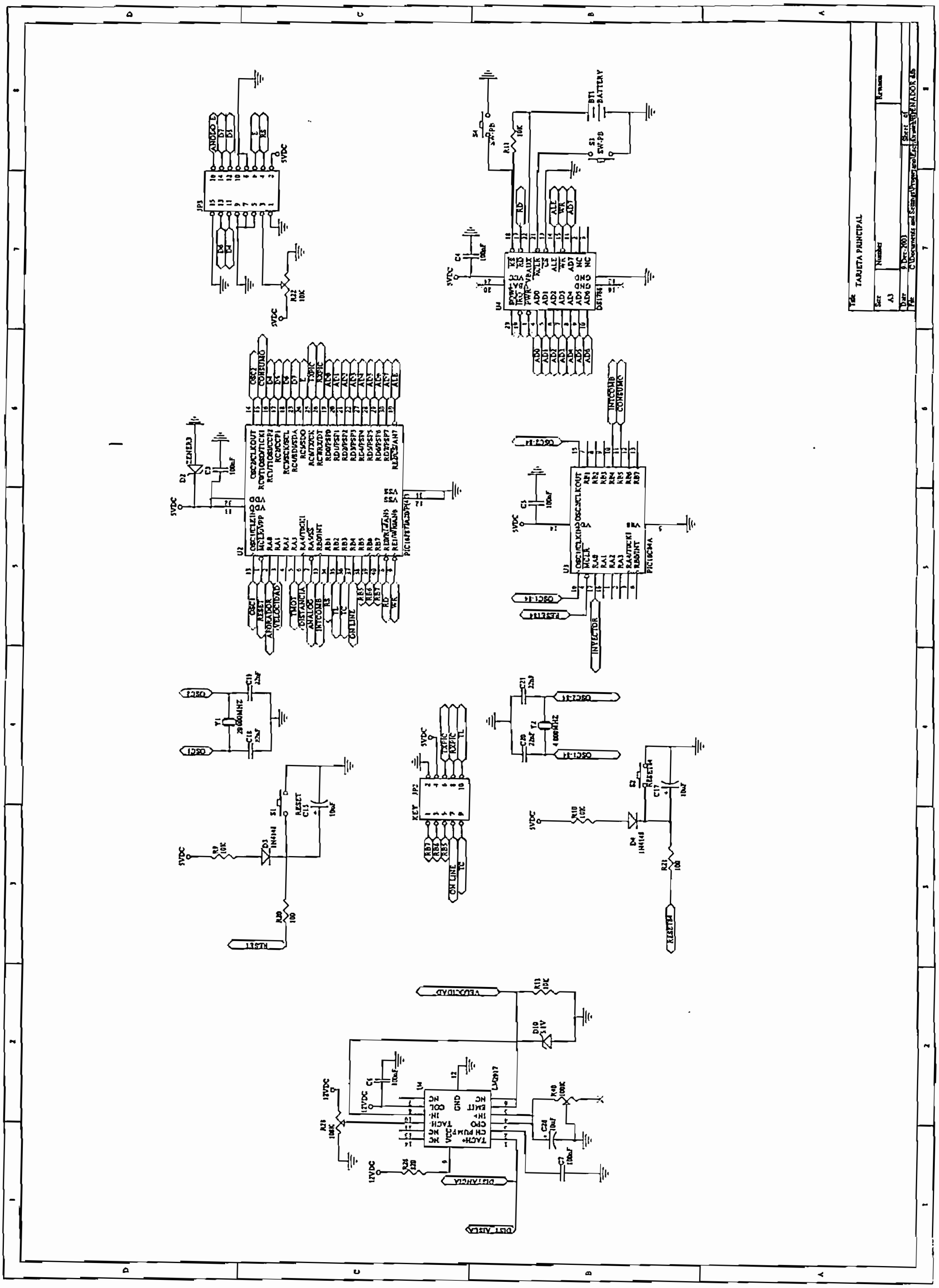
Figura 2.28 Diagrama esquemático de la fuente de polarización.

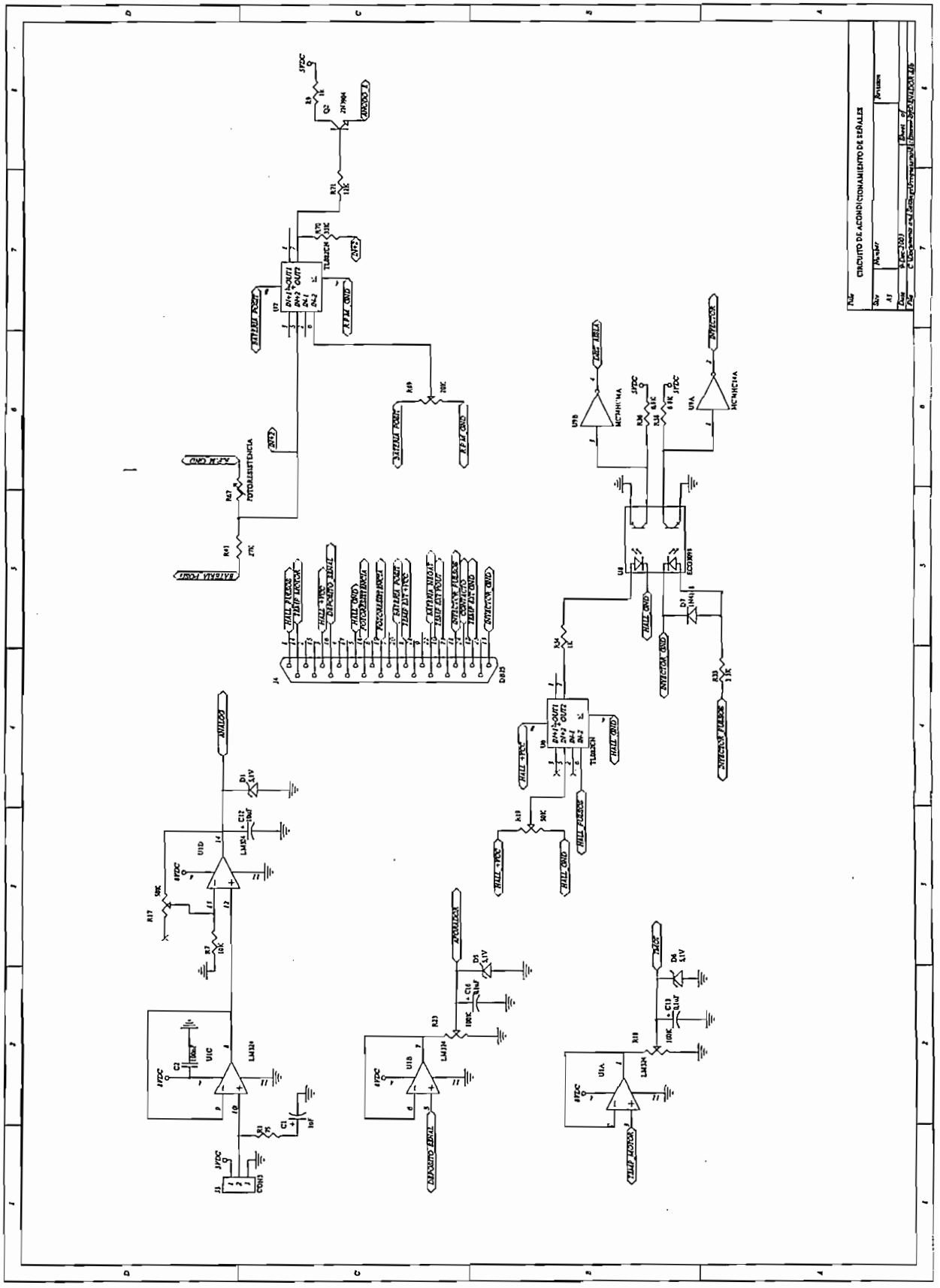
2.11 PROTECCIONES

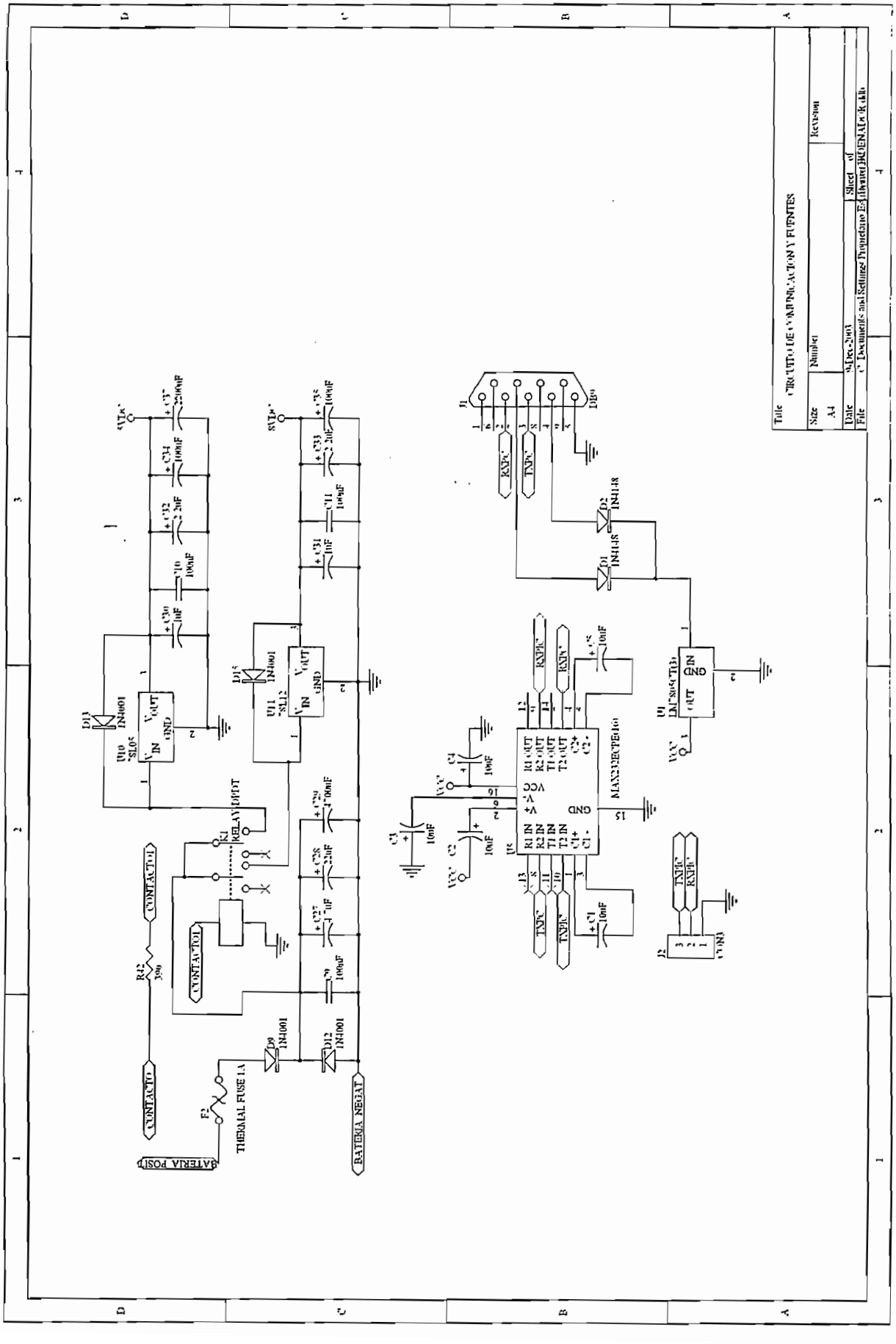
Protecciones contra corto circuito y sobrecarga vienen incorporadas en los circuitos reguladores 7805 y 7812. Adicionalmente se coloca fusibles a la entrada de la alimentación de voltaje de corriente continua como se indica en la figura 2.28.

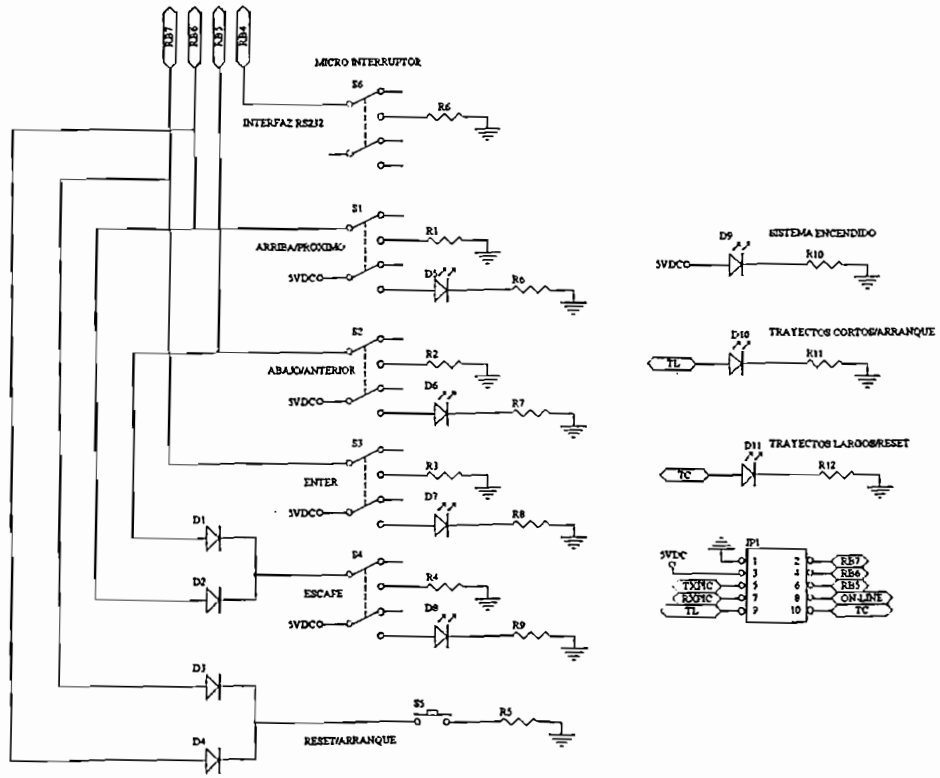
2.12 CIRCUITO FINAL IMPLEMENTADO

Una vez explicado cada uno de los bloques que forman el sistema de información para automóvil, se procede ha visualizar el circuito esquemático final implementado.


TARJETA PRINCIPAL


CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES


CIRCUITO DE COMUNICACION Y FUENTES
Size
A4
Number
Revision
Date
9-Dec-2003
Sheet of
File
C:\Documents and Settings\Propietario\Escritorio\BRDENADOR.ddb
BATERIA POSIT
CONTACTO
THERMAL FUSE 1A
BATERIA NEGAT
CONTACTO1
RELAY DPDT
MAX232ECPE(16)
RXPC
TXPC
GND
VCC
IN
OUT
DB9



Title	TECLADO	
Size: B	Number	Revision
Date: 9-Dec-2003	Sheet of	
File: C:\Documents and Settings\Propietario\Escritorio\TESIS\TECLADO.ddb		

CAPITULO 3

DESARROLLO DE SOFTWARE

Este capítulo abarca el diseño del software del sistema. Se brinda una descripción general del funcionamiento del programa, explicando los diferentes módulos que lo integran. Además se expone la estructura del programa dividida en *Programa Principal y Rutinas de interrupción utilizadas,* así como se explica el desarrollo de la interfaz visual del SIA en Visual Basic.

3.1. SEÑALES PROCESADAS POR EL MICROCONTROLADOR (PIC16F877)

El microcontrolador principal debe procesar las señales correspondientes a las mediciones de consumo de combustible, velocidad instantánea, distancia, velocidad del motor, combustible restante, temperatura del motor, temperatura interior y que le permite:

- Evaluar el consumo de combustible en Litros
- Evaluar el consumo de combustible instantáneo en [l/100Km] ó [l/h]
- Calibrar la base de tiempo para la medición de consumo de combustible
- Calcular la velocidad instantánea
- Calcular la distancia
- Calcular la constante W
- Calcular el combustible restante
- Determinar la temperatura del motor
- Determinar la temperatura interior

3.1.1 COMBUSTIBLE CONSUMIDO

Para evaluar el consumo de combustible se debe procesar la señal proporcionada por el PIC16F84A (microprocesador auxiliar), al cual le llega la señal de control para la apertura de un solo inyector. Este microcontrolador auxiliar produce una señal que llega a la interrupción del PIC16F877 cada vez que se ha consumido 0,1 litros (0,02642 galones).

Dado que cada pulso generado por el microcontrolador auxiliar equivale a un consumo de $0{,}00000303\,l$, de lo cual se deduce que el microcontrolador auxiliar deberá generar 8249 pulsos para generar la interrupción externa del microcontrolador principal informándole que se ha consumido 0,1 litros de combustible. El número de pulsos necesarios para evaluar un consumo de combustible de 0,1 litros se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ll} 1\,pulso & 0{,}00000303l \\ N & 0{,}1l \end{array}$$

$$N = \frac{0{,}1l}{4 \times 0{,}00000303l} = 8249\,pulsos \qquad Ec\ 3.1$$

Donde:

N = Número de pulsos necesarios para producir un incremento de 0,1 litros de combustible consumido.

El inyector, tiene un caudal 3.03ml/seg y los $0{,}00303ml$ los proporciona en 1 ms. Para conseguir esto con el Timer0 de 8 bits del PIC auxiliar, se introduce una temporización calculada como:

$$Temporización = 4 \bullet Tosc \bullet DivFrec \bullet ValorenTMR0 \qquad [Ec.\ 3.2]$$

$$1ValorenTMR0 = \frac{Temporización}{4 \bullet Tosc \bullet DivFrec \bullet ValorenTMR0} \qquad [Ec.\ 3.3]$$

$$ValorenTMR0 = \frac{1ms}{4 \bullet 9{,}765E-8\,[s] \bullet 256} = 10d = 0Ah$$

Cada vez que el inyector funciona un tiempo mayor de 1ms el PIC proporciona un pulso y genera por lo tanto una frecuencia de salida que es enviada al Timer1 del PIC16F877. El valor del consumo se ajusta para cada vehículo modificando en el programa del PIC16F84A el valor a contar para registrar un consumo de 0,1 litros.

3.1.2 CONSUMO INSTANTÁNEO

Para evaluar el consumo instantáneo de combustible, en [l/100Km], se debe determinar la frecuencia proporcional al caudal, producida por el microcontrolador auxiliar 16F84A. Un valor bastante común utilizado por los sistemas de información comerciales de vehículos es de un pulso por cada $80\,mm^3$ de combustible consumido. Este es el mismo valor de los caudalímetros que se utilizan para los vehículos de carburador e incluso diesel sin inyección electrónica.

El valor de consumo instantáneo se calcula de acuerdo a la ecuación *Ec 3.4.*

$$1\ pulso \qquad 0{,}00008\,[l] \quad (80mm^3)$$

$$Consumo\ Ins\tan táneo = \frac{frecT1 \times 0{,}00008 \times 3600 \times 100}{Velocidad\ Ins\tan tanea} \quad \left[\frac{Hz * l * s/h}{km/h}\right]$$

$$Consumo\ Ins\tan táneo = \frac{frecT1 \times 28{,}8}{Velocidad\ Ins\tan tanea}[l/100Km] \qquad [Ec.\ 3.4]$$

frecT1 = Frecuencia registrada por el Timer 1 en una base de un segundo

El cálculo de consumo instantáneo expresado en [gal/100 Km], es el siguiente:

$$1\ pulso \qquad 0{,}0000211[gal] \quad (=80mm^3)$$

$$Consumo\ Instán\tan eo = \frac{frecT1 \times 0{,}0000211337642 \times 3600 \times 100}{Velocidad\ Ins\tan tan ea}\left[\frac{Hz * gal * s/h}{Km/h}\right]$$

$$Consumo\ Inst'an\tan eo = \frac{frecT1 \times 7{,}60815510793}{Velocidad\ Ins\tan tan ea}[gal/100Km] \qquad [Ec.\ 3.5]$$

Por ejemplo, si llegan al Timer1 21Hz y se está circulando a una velocidad de 90 Km/h se evalúa en *Ec. 3.4* y se ve que el valor de consumo instantáneo sería de 1,77 [l/100Km].

Otra forma de expresar el consumo instantáneo es en [l/h], el cual es útil cuando el vehículo está circulando con una velocidad inferior a los 25 Km/h. En la *Ec. 3.6* y *Ec. 3.7* se demuestra la forma de cálculo para este caso tanto en [l/h] y [gal/h] respectivamente:

$$Consumo\ Instán\tan eo = frecT1[Hz] \times 0{,}00008[l] \times 3600[s/h]$$
$$Consumo\ Instán\tan eo = frecT1 \times 0{,}288 \quad [l/h] \qquad [Ec.\ 3.6]$$

$$Consumo\ Instán\tan eo = frecT1[Hz] \times 0{,}0000211337642[gal] \times 3600[s/h]$$
$$Consumo\ Instán\tan eo = frecT1 \times 0{,}0760815510793 \quad [gal/h] \qquad [Ec.\ 3.7]$$

Si el vehículo tiene una velocidad instantánea comprendida entre 0 y 25 Km/h el valor de consumo instantáneo se visualizara en [l/h] dado que el cálculo de consumo instantáneo en [l/h] no depende de la velocidad instantánea, si por el contrario el vehículo tiene una velocidad instantánea superior a los 25 km/h el consumo instantáneo se visualizará en [l/100km] sin ningún problema.

3.1.3 VELOCIDAD INSTANTÁNEA

La segunda señal que deberá procesar el microcontrolador principal será la señal enviada por el sensor de velocidad del automóvil, y que sirve para evaluar:

- La velocidad instantánea a la cual circula el vehículo
- La distancia recorrida por el vehículo

- Calibración de la constante "W" del vehículo

Esta señal ingresa por uno de los canales del conversor A/D del microcontrolador después de ser acondicionada para obtener una variación de 0 a +5V mediante un conversor de frecuencia a voltaje (LM2907N).

Ya que el conversor del PIC16F877 es de 10 bits el valor de la conversión estará en el rango de 0 a 1023 (000h-3FFh). Para visualizar la velocidad máxima que es de 180 km/h será necesario dividirlo para 5,68333, valor que se calcula en la subrutina de cálculo de la constante de velocidad instantánea. Se está usando aritmética de punto flotante y no existe problema en realizar este tipo de operaciones, permitiendo además poder visualizar los datos con mejor precisión.

$$\text{Const. Vel. Inst.} = \frac{Rango\ del\ A/D}{Vel.Inst.} = \frac{1023}{Vel.Inst.} \quad [Ec.\ 3.8]$$

Por ejemplo si la velocidad instantánea es 60km/h el PIC recibirá el dato desde el computador el valor en hexadecimal 3Ch (60d). El valor de velocidad máxima a visualizar será escrito directamente en la memoria EEPROM de datos cada vez que éstas sean actualizadas mediante la comunicación asincrónica con el PC.

3.1.4 DISTANCIA RECORRIDA

La señal de distancia se va registrando mediante el Timer 0 del microcontrolador central, configurado como contador de 8 bits. Para registrar incrementos en metros, cada vez que el contador se desborda provoca una interrupción en la cual se suma la cantidad de metros correspondientes a una cantidad de pulsos recibidos del sensor de velocidad de efecto hall. Dicho cálculo en cada interrupción se determina con ayuda de la constante W característica del vehículo, la cual depende del tipo de neumáticos, relaciones de transmisión, etc.

Para calcular la cantidad de metros que se debe sumar, se sabe que si se obtiene un pulso por cada revolución en base a la constante (W) del automóvil. Esto se hace de la siguiente manera:

$1\frac{pulso}{rev} \bullet W \quad [rev]$	es a	1000 metros
1 [pulso]	es a	Lx

Despejando se tiene:

$$Lx = \frac{1000}{W} \quad metros \quad [Ec. \quad 3.9]$$

Si el sensor de efecto Hall entrega más de un pulso por revolución, y se quiere escalar la medida, la expresión que se deberá evaluar será:

$$Lxe = \frac{E * 1000}{n * W} \quad metros \quad [Ec. \quad 3.10]$$

Donde:

Lxe = es la cantidad de metros a sumar, considerando el escalamiento

E = el valor del escalamiento

N = el número de pulsos entregados por el sensor velocidad - distancia

W = la constante del vehículo

Por ejemplo, considerando el caso particular en el que la circunferencia dinámica eficaz de la rueda es 1,575 m, lo que da una constante W' igual a:

$$W' = \frac{1\ rev}{1{,}575\ m} \bullet \frac{1000\ m}{Km} = 634{,}9 \approx 635 \frac{rev}{km}$$

$$W = n \bullet W' = 2 \bullet 635 = 1270$$

Entonces, para obtener los metros a sumar cada vez que se desborde el Timer0, con 2 pulsos generados por revolución por el sensor de efecto Hall se tiene que con un factor de escalamiento de 127:

$$Lxe = \frac{E * 1000}{n * W'} = \frac{127 * 1000}{2 * 635} = 100\ metros$$

El número de metros a sumar es 100 metros.

3.1.5 COMBUSTIBLE RESTANTE

Para tener una indicación del nivel de combustible restante en el depósito se realizó mediciones de volumen - resistencia, llenando el depósito en pasos de 1 litro para confeccionar una tabla litros-resistencia, que fue introducida en la memoria de programa del microcontrolador.

Para ello se acondicionó la señal de nivel de combustible, obteniendo una variación de voltaje de 0 a +1,25V. Dado que con una variación de 0 a +5V se obtendría una conversión de 0 a 1023, un voltaje de entrada que varié de 0 a 1,25V obtendrá valores de conversión comprendidos de 0 a 255.

La tabla se lo hace en Excel, ingresando los valores de resistencia medida y se considera que cuando el indicador marca indica depósito vacio equivale a una resistencia de 40,6Ω y este dato se ubica en las localidades a partir de la dirección 255. Para un valor de resistencia de 35,5Ω, se calcula la ubicación partir de la fórmula, lo queda la de la localidad número 223.

$$\#\text{Localidad asignada} = \frac{255 \bullet C_n}{40,6} \qquad \textit{Ec 3.11}$$

Resistencia	Loc.	Volumen (Ltr)	Resistencia	Loc.	Volumen (Ltr)
40,6	255	6	24,8	156	21
37,3	234	7	23,7	149	22
35,5	223	8	23	144	23
34,6	217	9	22,4	141	24
33,3	209	10	21,7	136	25
32,1	202	11	20,7	130	26
31,5	198	12	19	119	27
30,4	191	13	18,1	114	28
29,9	188	14	16,6	104	29
29	182	15	14,4	90	30
27,9	175	16	13,2	83	31
27,5	173	17	12	75	32
26,8	168	18	10,8	68	33
25,8	162	19	8,6	54	34
25,3	159	20	6,1	38	35

Tabla 3.1 Tabla de combustible restante

3.1.6 TEMPERATURA DEL MOTOR

Al igual que se procede con la medición de combustible restante, para la medición de la temperatura del motor se construye una tabla de temperatura-tensión de 255 valores, dado que el sensor instalado en contacto con el refrigerante del motor es del tipo NTC (Coeficiente negativo de temperatura), de característica no lineal.

La confección de la tabla se lo realiza de igual forma en Excel, ingresando los valores de voltaje medido correspondientes a una temperatura determinada. Si se considera un valor de 92°C, se tendría el mayor voltaje, y la localidad es 255.

$$\#\,\text{Localidad asignada} = \frac{255 \bullet C_n}{2{,}94} \qquad \textit{Ec 3.12}$$

Voltaje (V)	Loc.	Temp Mot. °C	Voltaje (V)	Loc.	Temp Mot. °C	Voltaje (V)	Loc.	Temp Mot. °C
2,94	255	20	1,48	128	46	0,905	78	72
2,87	249	21	1,45	126	47	0,887	77	73
2,8	243	22	1,43	124	48	0,872	76	74
2,73	237	23	1,4	121	49	0,856	74	75
2,59	225	24	1,37	119	50	0,842	73	76
2,56	222	25	1,34	116	51	0,823	71	77
2,4	208	26	1,32	114	52	0,802	70	78
2,3	199	27	1,29	112	53	0,776	67	79
2,23	193	28	1,27	110	54	0,76	66	80
2,17	188	29	1,24	108	55	0,743	64	81
2,1	182	30	1,22	106	56	0,723	63	82
2,05	178	31	1,2	104	57	0,714	62	83
2	173	32	1,18	102	58	0,712	62	84
1,94	168	33	1,15	100	59	0,708	61	85
1,9	165	34	1,13	98	60	0,674	58	86
1,86	161	35	1,11	96	61	0,668	58	87
1,82	158	36	1,09	95	62	0,664	58	88
1,78	154	37	1,076	93	63	0,655	57	89
1,75	152	38	1,056	92	64	0,644	56	90
1,7	147	39	1,032	90	65	0,618	54	91
1,68	146	40	1,014	88	66	0,591	51	92
1,64	142	41	0,995	86	67	0,553	48	93
1,6	139	42	0,97	84	68			
1,57	136	43	0,952	83	69			
1,54	134	44	0,938	81	70			
1,52	132	45	0,922	80	71			

Tabla 3.2 Tabla de temperatura del motor

3.1.7 TEMPERATURA INTERIOR

Existe otra señal a procesar, y es la temperatura interior cuya señal es adquirida directamente del sensor de temperatura LM35DZ, colocado en el salpicadero del automóvil. No requiere de un acondicionamiento complejo, simplemente se lo energiza y se toma una señal que aumenta 10mV/°C en forma lineal.

Para la calibración de la medición de la temperatura interior se considera que el rango de medición estará entre 0 y 100 °C que es el rango del sensor por lo que:

$$\textbf{Temperatura Interior (°C)} = \frac{Rango\ del\ A/D}{cons\tan te\ TempExt.} = \frac{1023}{10{,}23} = 100\,°C \quad [Ec.\ \ 3.13]$$

Los parámetros que a continuación se detallan se obtienen de la operación matemática de las variables anteriormente mencionadas.

3.2 CÁLCULO DE VARIABLES ADICIONALES

3.2.1 CONSUMO MEDIO

Es el resultado de dividir el combustible consumido entre la distancia recorrida. La ecuación mostrada a continuación (Ec. 3.14) sólo es válida a partir de que el automóvil haya realizado un recorrido mínimo de 5 kilómetros y sé este moviendo. Después de efectuar una reposición (RESET) del conjunto de datos de trayectos largos, puede tardar hasta 5 Kilómetros antes de que el sistema disponga de datos suficientes que permitan calcular e indicar correctamente el consumo medio respectivo. Mientras tanto se indicará un consumo medio de 7 l/100 Km, para trayecto largos y cortos cualquiera que sea el caso.

$$C_m = \frac{Combustible\ Consumido}{Distancia\ recorrida} \times 100 \quad [l/100Km] \quad [Ec.\ 3.14]$$

Existe una diferencia entre el consumo medio de combustible para trayectos largos y cortos dado que se calculan a partir de conjuntos de datos diferentes.

Si el automóvil se encuentra detenido se indica un consumo medio de 7 l/100 km, ya que este es el valor intermedio entre el dato de consumo dado por el fabricante y el valor máximo medido en las pruebas.

3.2.2 TIEMPO TRANSCURRIDO

El tiempo transcurrido se calcula a partir de la información del reloj en tiempo real RTC (DS17887-5), se registra una hora inicial y cada segundo se realiza una resta almacenando en 3 registros la hora inicial (horas, minutos y segundos) y en 3 el tiempo transcurrido calculado. Para el cálculo de tiempo transcurrido acumulado para trayectos largos, "Desde Reset", se requiere adicionalmente almacenar el valor de tiempo transcurrido, cada segundo a partir de, "último reset" para trayectos largos, ya que si no se lo hiciera, no se tendrá un valor correcto acumulado del tiempo transcurrido del trayecto anterior, para la próxima vez que se encienda el automóvil.

3.2.3 VELOCIDAD MEDIA

Es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo transcurrido desde que el auto se enciende. Se calcula la velocidad media tanto para trayectos largos y cortos, para lo cual se requiere la información de distancia recorrida y tiempo transcurrido total y parcial respectivamente.

$$Vm = \frac{Distancia\ recorrida}{tiempo\ transcurrido} \left[\frac{Km}{h}\right] \quad [3.15]$$

3.2.4 TIEMPO DE LLEGADA

Es el resultado de dividir la distancia que queda por recorrer entre la velocidad media.

$$T_{ll} = \frac{Distancia\ por\ recorrer}{Velocidad\ Media} \quad [h] \qquad [Ec.\ 3.16]$$

Si la velocidad media es cero, el valor de tiempo de llegada permanece en cero ya que el cálculo de la distancia que falta por recorrer se la realiza en la rutina de medición de distancia, al no ponerse en movimiento el automóvil, el valor de distancia por recorrer es cero, por lo tanto el valor de tiempo de llegada permanece en cero; adicionalmente se debe recorrer una distancia mínima de 0,5 kilómetros para comenzar a evaluar la velocidad media.

3.2.5 VELOCIDAD MÁXIMA

Se resta el registro de velocidad máxima Vmax del registro de velocidad instantánea Vinst; si el resultado es mayor que cero se recarga el valor de Vmax con el contenido en Vinst, y se indica. Si el resultado de la resta es un número negativo, el registro de velocidad máxima se mantiene con el valor máximo alcanzado hasta ese momento, con lo cual no existirá ninguna variación del valor de velocidad máxima en la pantalla del LCD.

3.2.6 AUTONOMÍA

Es el resultado de dividir el carburante restante entre el consumo medio.

$$Autonomia = \frac{Combusible\ Restante}{Consumo\ Medio} \quad [Km] \qquad [Ec.\ 3.17]$$

3.2.7 DISTANCIA POR RECORRER

Registro que resta la distancia a recorrer menos la distancia recorrida y es necesaria para el tiempo de llegada.

$$Distancia\ por\ recorrer = Distancia\ a\ recorrer - Distancia\ recorrida \quad [Km] \quad [Ec.\ 3.18]$$

3.3 SEÑALES PROCESADAS POR EL MICROCONTROLADOR (PIC16F84A)

El microcontrolador auxiliar realiza la generación de la frecuencia proporcional a la apertura del inyector y envía esta información al contador del PIC16F877. Además provoca interrupción en la entrada RB0 del PIC cada vez que se ha consumido $0,\overline{1}$ litros

3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROGRAMAS

3.4.1 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA PRINCIPAL

Una vez que se ejecuta la subrutina de inicialización el programa principal se ejecutará cíclicamente y variará dependiendo de las variables que se muestra en ese instante. Al entrar a visualizar la pantalla por defecto, mediante las teclas de navegación "Up" ó "Down", se pasa a la siguiente pantalla o retrocede a la pantalla previa. Si no se acciona ninguna tecla, el programa permanece en un bucle cerrado para una pantalla rescribiendo y actualizando los datos en el LCD, comprobando si se pulsa alguna tecla de navegación, ya sea avanzar o retroceder a una pantalla anterior. Para la actualización y visualización de las restantes pantallas se procede de forma similar, diferenciándose en el procesamiento de las señales que se estén visualizando en ese instante. El diagrama de flujo del programa principal consta en la figura 3.1.

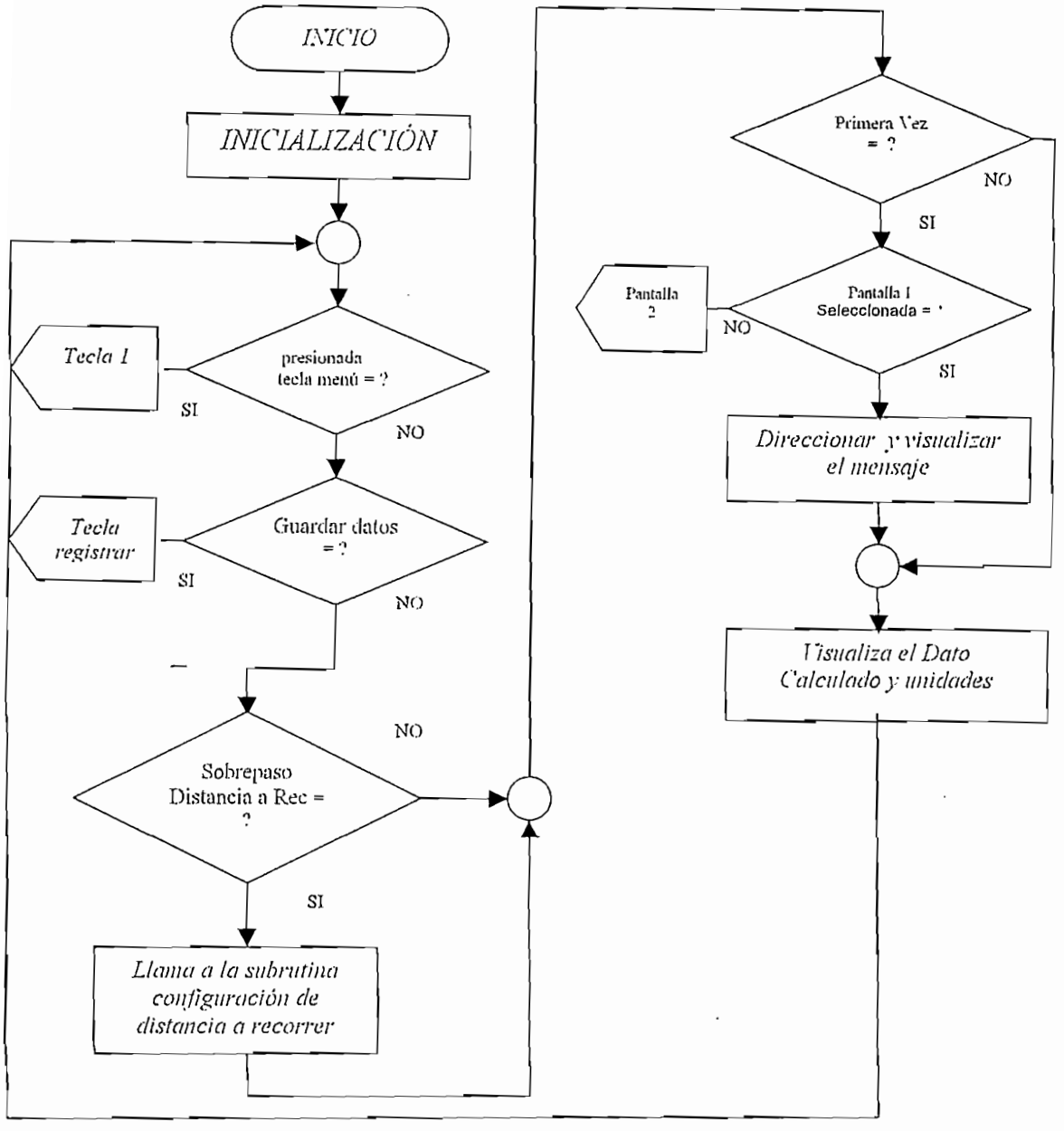


Figura 3.1 Estructura del Programa Principal

3.4.2 INICIALIZACIÓN

1- *Iniciación de registros y variables.*

Se inician los registros de propósito general y específico del procesador tales como los registros de configuración de los temporizadores, registros de configuración de los puertos para el manejo del display de cristal liquido (LCD) y el reloj en tiempo real (RTC), registros de habilitación de interrupción por cambio

de estado RB7,..., RB4 para teclado, registros de habilitación de interrupción externa RB0, registros de habilitación de interrupción por recepción de la comunicación asíncrona serial, etc.

Después de la inicialización de registros y variables, se llama a la rutina de encerado la cual encera los registros de propósito general, que están asignadas a variables que se utilizan. Luego se llama a la rutina de retardo que ayuda a que la fuente de alimentación se estabilice y no interfiera en la correcta inicialización del LCD, que es la siguiente rutina en ejecutarse para la configuración de una interfaz de 4 bits. Visualizándose una pantalla de presentación del sistema, posteriormente se procede a la inicialización del reloj de tiempo real (DS17877-5) el cual además sirve como unidad de almacenamiento de información. Adicionalmente se configuran los registros de comunicación serial y los registros de los temporizadores utilizados.

2. *Programación de los algoritmos de cálculo.*

Luego se ingresa al modo "SETUP" o de configuración inicial, en el cual se procede a la configuración del sistema, comenzando con la distancia que se prevea recorrer (*Distancia a recorrer*). Una vez configurada esta variable automáticamente son almacenadas en localidades de memoria NVRAM de propósito general del RTC (DS17887-5), para tener esta configuración por defecto para la próxima ocasión que se encienda el sistema.

Posteriormente se ejecutan las rutinas de cálculo de los metros a sumar en cada interrupción para la medición de distancia y cálculo de las constantes para el escalamiento de las variables de velocidad instantánea. Se establece adicionalmente los valores por defecto de velocidad máxima, consumo medio para trayectos cortos, se lee el conjunto de datos de trayectos largos acumulados y se establece la hora inicial para el cálculo de tiempo transcurrido parcial y total.

Se ejecuta luego las habilitaciones de las diferentes interrupciones, como por ejemplo la interrupción serial por recepción, por desbordamiento del Timer 0, etc.

Por último se ingresa al programa principal detallado anteriormente.

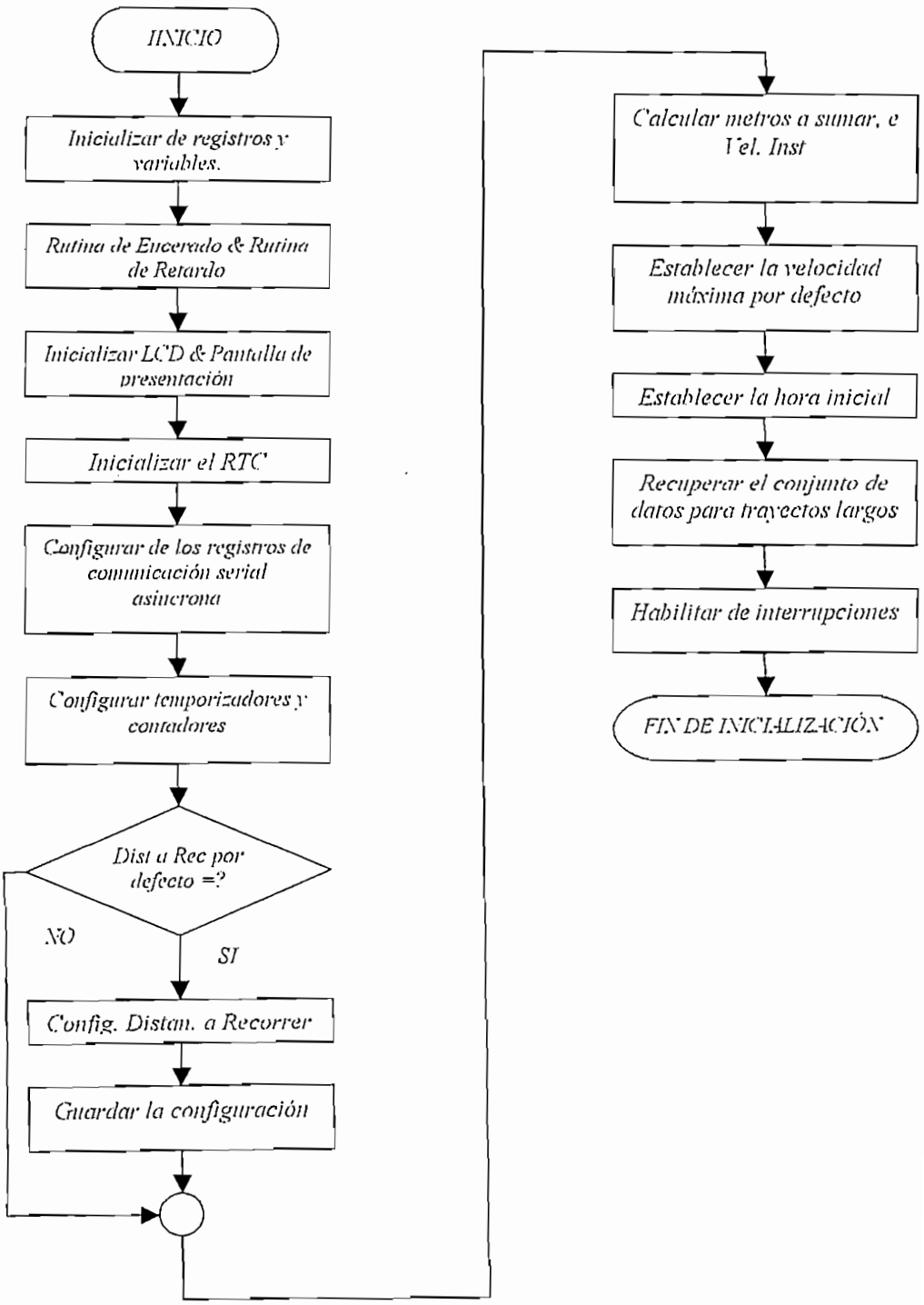


Figura 3.2 Inicialización

3.4.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LAS SUBRUTINAS DE INICIALIZACIÓN

A continuación se explica el funcionamiento de cada una de las subrutinas utilizadas por el sistema de información para automóviles [SIA]

3.4.3.1 Subrutina de encerado

Esta subrutina sirve para limpiar o iniciar todos los registros de propósito general utilizados para el funcionamiento del sistema de información, cada vez que se produzca un Reset, impidiendo que estas localidades de memoria RAM de los 4 bancos se carguen con valores erróneos, lo cual provocaría el mal funcionamiento del sistema. En la figura 3.3 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina de encerado para un solo banco, ya que la subrutina es la misma, con solo variar el valor que se carga en el contador y el puntero. Adicionalmente se realiza un retardo por decremento de registros, cuyo diagrama de flujo resulta muy común, por lo tanto se decidió no incluirlo.

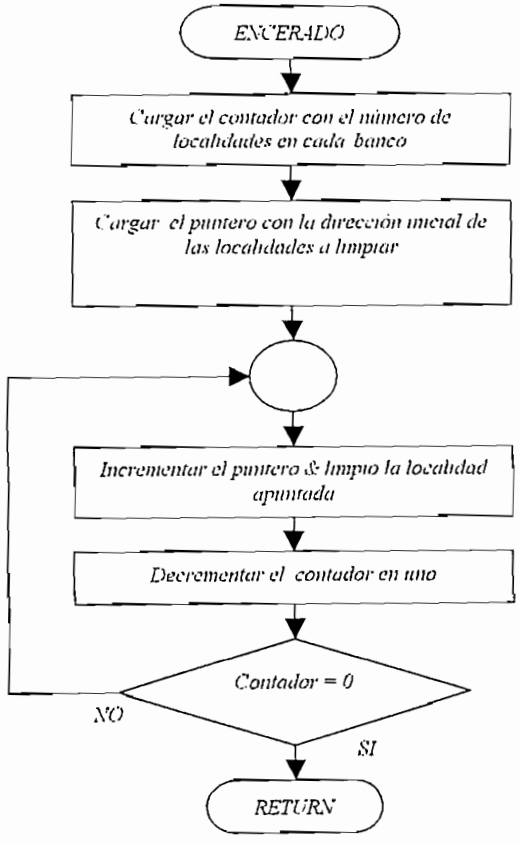


Figura 3.3 Subrutina de encerado

3.4.3.2 Subrutina de retardo

Se realiza por decremento de registros, el valor que se carga en el registro utilizado como contador externo para ampliar el tiempo de retardo. Antes de llamar a esta subrutina se debe cargar en el acumulador.

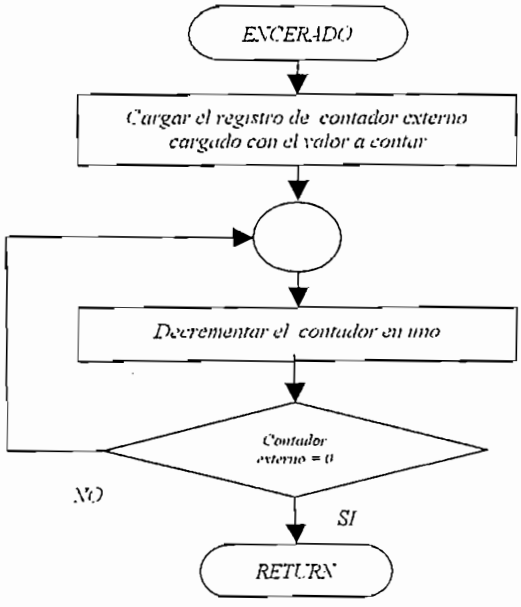


Figura 3.4 Subrutina de Retardo

3.4.3.3 Subrutina de inicialización de la Pantalla de Cristal Liquido (LCD)

Todo módulo LCD deberá inicializarse, esta inicialización indica como deberá operar la pantalla. La inicialización representan las instrucciones que deberán ser ejecutadas por el módulo LCD antes de su funcionamiento normal. Las instrucciones que están dentro de la inicialización solamente se ejecutan después que se enciende el módulo LCD (cuando la alimentación supere los 4.5V) y no podrán ser cambiadas posteriormente. Algunos parámetros que tienen que ser ejecutados en la inicialización antes de comenzar a funcionar el módulo LCD son:

- Seleccionar la longitud del bus de datos (4 Bits / 8 Bits)
- Activar el número de líneas que se visualizarán en el módulo LCD

- Encender el Módulo LCD.

Las siguientes instrucciones también podrán ser colocadas en la inicialización, con la diferencia que podrán ser cambiadas en cualquier parte del programa.

- Mantener el mensaje fijo y desplazar el cursor.
- Desplazar el mensaje y mantener el cursor fijo.
- Hacer que el carácter señalado parpadee o no.

Cuando se aplica adecuadamente la tensión de alimentación al módulo LCD, se ejecuta automáticamente la siguiente secuencia de inicialización:

- Se ejecuta el comando CLEAR DISPLAY borrando la pantalla. La bandera BUSY se mantiene activa 15 ms hasta que se completa esta secuencia.
- Se ejecuta el comando FUNCTION SET, que establece el interfaz con el bus de datos a 8 bits normalmente (DL=1) y el número de líneas (bit N).
- Se ejecuta el comando DISPLAY ON/OFF CONTROL, que hace que el display quede en OFF (D=0), también el cursor (C=0) y sin parpadeó (B=0).
- Se ejecuta el comando ENTRY MODE SET, que establece la dirección de movimiento del cursor con auto incremento (I/D=1) y el modo de visualización normal, sin desplazamiento (S=0)

El diagrama de flujo correspondiente a esta subrutina se encuentra en la figura 3.5.

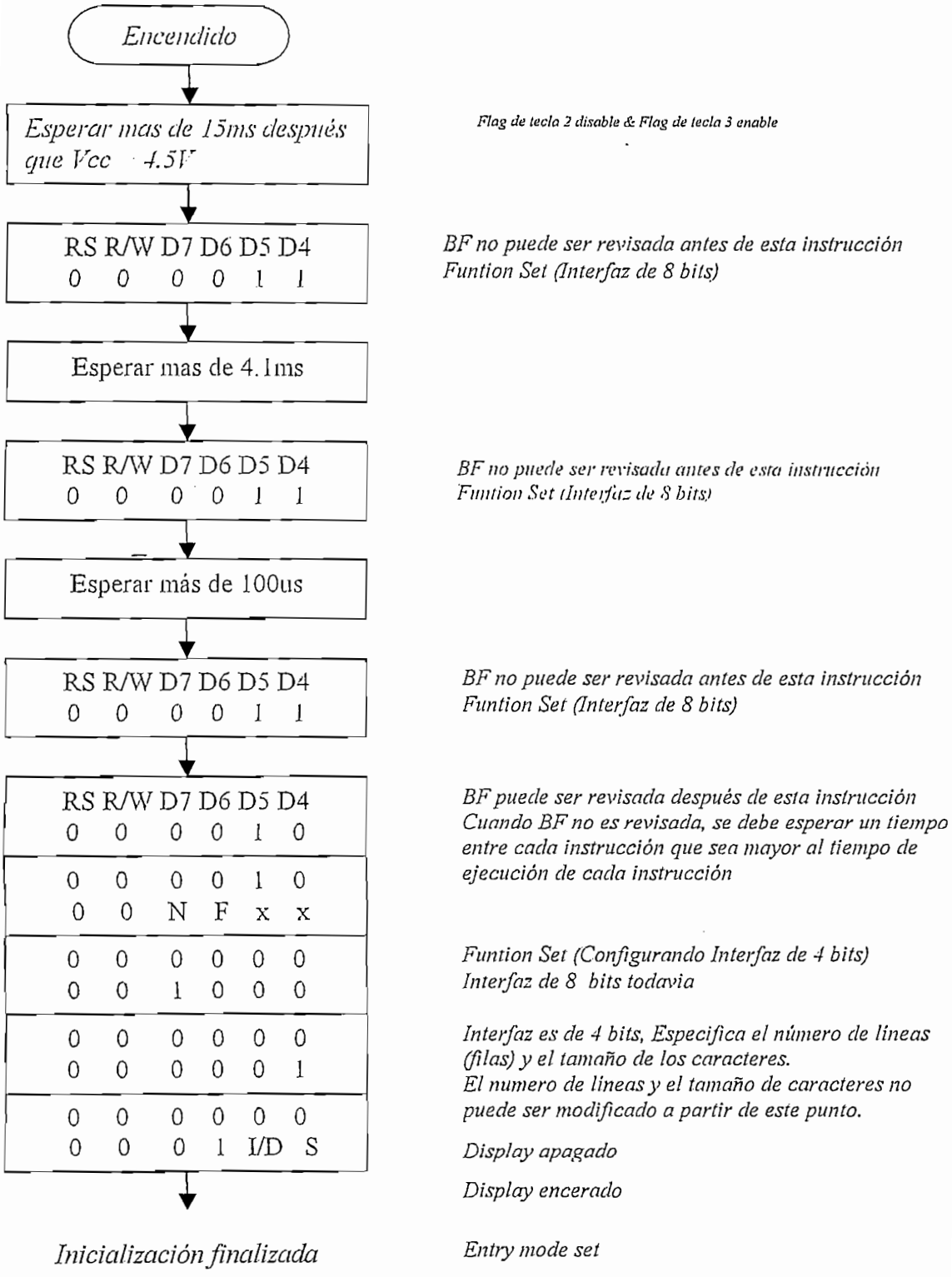


Figura 3.5 Diagrama de flujo de inicialización del LCD.

Si la conexión de la alimentación no reúne todas las condiciones que exige el módulo LCD, hay que realizar la secuencia de inicialización por software automáticamente cada vez que se reinicie al microcontrolador. En cualquier caso es importante enviar al LCD la primera instrucción de trabajo después de que hayan transcurrido 15 ms, para completar la secuencia de inicialización.

En este caso se inicializa con una interfaz de 4 bits utilizando únicamente seis pines del microcontrolador principal, ya que los tres terminales que controlan las funciones principales del módulo son la señal de activación E (Enable) que se encarga de la activación o desactivación del módulo, la terminal R/W# que se encarga de la lectura o escritura del módulo y el terminal RS que indica al módulo LCD si el dato a escribir es un comando de control del LCD o simplemente un dato a visualizar.

Para la transmisión de datos se utilizan los cuatro terminales conectando las líneas del puerto C (RC1-RC4) a las líneas D4-D7, Las líneas del puerto C se configuraron únicamente como salidas ya que sólo se escribirá información en el módulo LCD y no se leerá información de él por cuanto el terminal R/W# está directamente conectado a tierra, ahorrándose así utilizar un pin adicional del microcontrolador. Se usan retardos para evitar enviar información al módulo LCD, cuando éste se encuentre ocupado procesando una información anterior.

A continuación se detalla la subrutina de escritura del LCD, dado que es necesario conocer, como se controla al LCD, para la mejor comprensión de aquí en adelante en las diferentes subrutinas. Se aclara además, que la rutina de escritura del LCD, se ubica en esta sección para su mejor comprensión.

3.4.3.4 Subrutina de Inicialización del Reloj de Tiempo Real DS17887

Esta subrutina permite configurar el Reloj de Tiempo Real utilizando los registros de control que tiene el RTC para ese propósito. Se inicia con la configuración del registro B, activando ciertas interrupciones, se fija el formato de los datos de calendario en BCD o Binario, se elige entre el formato de 24 horas o 12 horas

AM/PM y ciertos ajustes especiales de hora. Luego se configura el registro A; para cambiar el banco 1, se activa el oscilador luego se activa el contador descendente, omitiendo la selección de la frecuencia de salida.

Se continúa con el registro 4B en el cual se activa la batería auxiliar y la selección del cristal. Se sigue con la configuración del registro 4A en el que se deshabilita el modo de estallido (Burst) que permite la lectura/escritura de localidades de RAM extendida consecutivas. Por último se detiene las actualizaciones del reloj en el registro B, para fijar nuevos valores de hora y fecha; de igual forma la hora y fecha de alarma, activando por último las actualizaciones y quedando inicializado. El diagrama de flujo para la inicialización del RTC se visualiza a continuación en la figura 3.6

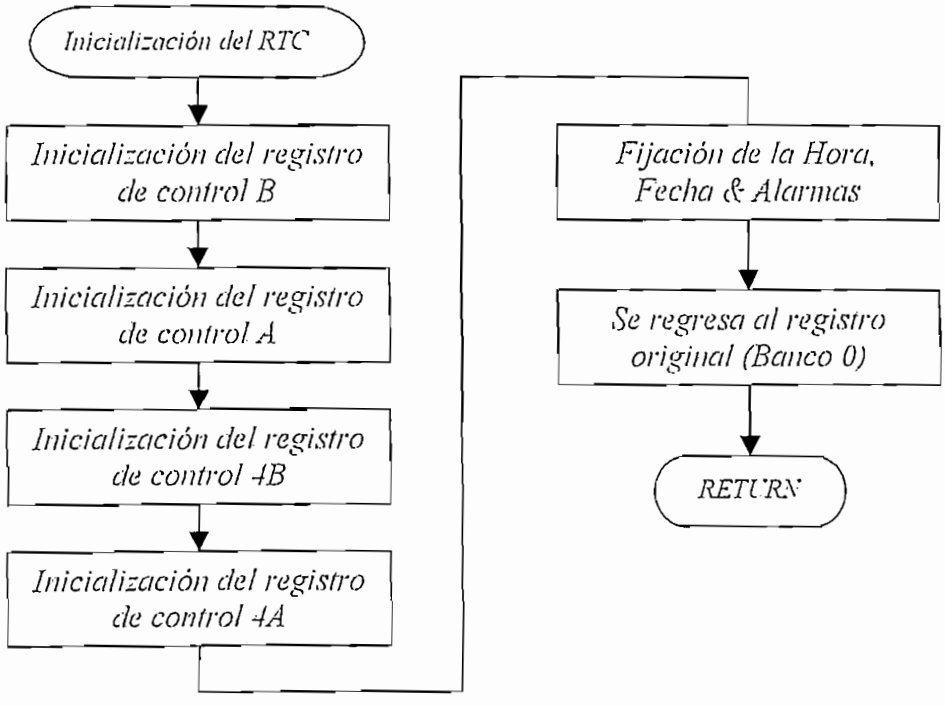


Figura 3.6 Subrutina de Inicialización del Reloj de Tiempo Real DS17887-5

3.4.3.5 Configuración de los registros de comunicación serial asincrónica

La configuración de la comunicación serial se la realiza por interrupción para la recepción de datos y para la transmisión únicamente verificando el bit de estado (TRMT) del registro de desplazamiento de transmisión.

Dado que el PIC16F877 esta funcionando con una *Fosc* = 18,432 MHz, y se está trabajando en modo asincrónico y a alta velocidad, el valor que se carga en el registro SPBRG, se calcula con la Ec. 3.19.

$$FrecuenciaenBaudios = \frac{Fosc}{(K \bullet (X+1))} \qquad Ec\ 3.19$$

Donde:

K = constante necesaria en la determinación de la frecuencia de funcionamiento

X = es el valor cargado en el registro SPBRG

Fosc = frecuencia de oscilación con la que trabaja el microcontrolador

En el registro de control TXSTA se configura una transmisión de 8 bits, se activa la transmisión, se configura el USART en modo asincrónico y se selecciona una velocidad de baudios alta.

A continuación se calcula el valor a cargar en el registro SPBRG, que controla el generador de baudios, de la siguiente forma:

(Alta velocidad) K=16

$$115200 = \frac{18432000}{16 \bullet (X+1)}$$

$$X = 9$$

También se configura el registro RCSTA para recepción de datos, para lo cual se habilita el puerto serie para la recepción de 8 bits y la recepción continua.

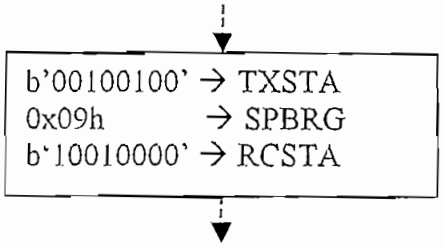


Figura 3.7 Configuración de los registros de comunicación serial asincrónica

3.4.3.6 Configuración de los temporizadores

1. Configuración del Temporizador 0

Para la configuración del temporizador 0, se debe controlar el registro OPTION_REG. Se configura como contador externo de impulsos aplicados en el *pin* T0CKI, se elige un tipo de flanco positivo, se asigna el divisor de frecuencia al perro guardián (WDT), por lo cual el temporizador 0, configurado como contador externo tendrá una prescala 1:1.

2. Configuración del Temporizador 1

Para la configuración del temporizador 1, se debe habilitar o deshabilitar los bits del registro de control T1CON. Se configura una prescala de 1:1 y habilita como única entrada al pin RC0, se habilita la sincronización del reloj externo con el reloj interno, se configura como contador externo y lo mantiene deshabilitado, hasta terminar la subrutina de inicialización.

3. Configuración del Temporizador 2

Para la configuración del temporizador 2, se debe controlar la habilitación de los bits del registro de control T2CON, para lo cual se sugiere cargar el valor a temporizar en el registro TMR2, ya que si se lo realiza después de la configuración de las presécalas se ponen a cero. La configuración de las dos prescalas se realiza con una relación de 1:16. Adicionalmente, se configura el registro PR2 que esta asociado a TMR2, cuando coinciden sus valores, dichos

impulsos pueden ser divididos por el posdivisor antes de activar el señalizador TMR2IF. Adicionalmente se hace el uso de un contador externo.

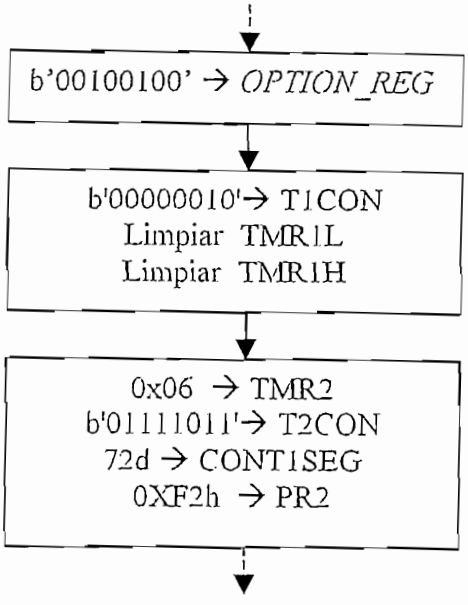


Figura 3.8 Configuración de los registros de control de los temporizadores

3.4.3.7 Subrutina de configuración de la distancia a recorrer

Esta subrutina permite el ingreso al modo de configuración inicial o "setup", en el que se configura el valor de distancia a recorrer, pudiendo escoger entre dos opciones: la de aceptar los valores por defecto [valores configurados en la anterior configuración], o la posibilidad de ingresar nuevamente el valor de distancia a recorrer. En esta subrutina, se inicia con la carga de los valores por defecto pudiendo presionar la tecla "Esc" para aceptar los valores por defecto o presionar las teclas de navegación "Up", "Down" para variar el digito entre 0-9 (BCD). Una vez escogido el valor deseado se presiona la tecla Memoria "Enter" para seguir configurando el siguiente dígito.

Terminada la configuración de distancia con la memorización del último dígito configurado (MSD), se pasa a almacenar este dato en la memoria NVRAM extendida para que la próxima vez que se ingrese al modo de configuración inicial este valor configurado sea el valor por defecto de distancia a recorrer. En la figura 3.9 se visualiza el diagrama de flujo para distancia a recorrer.

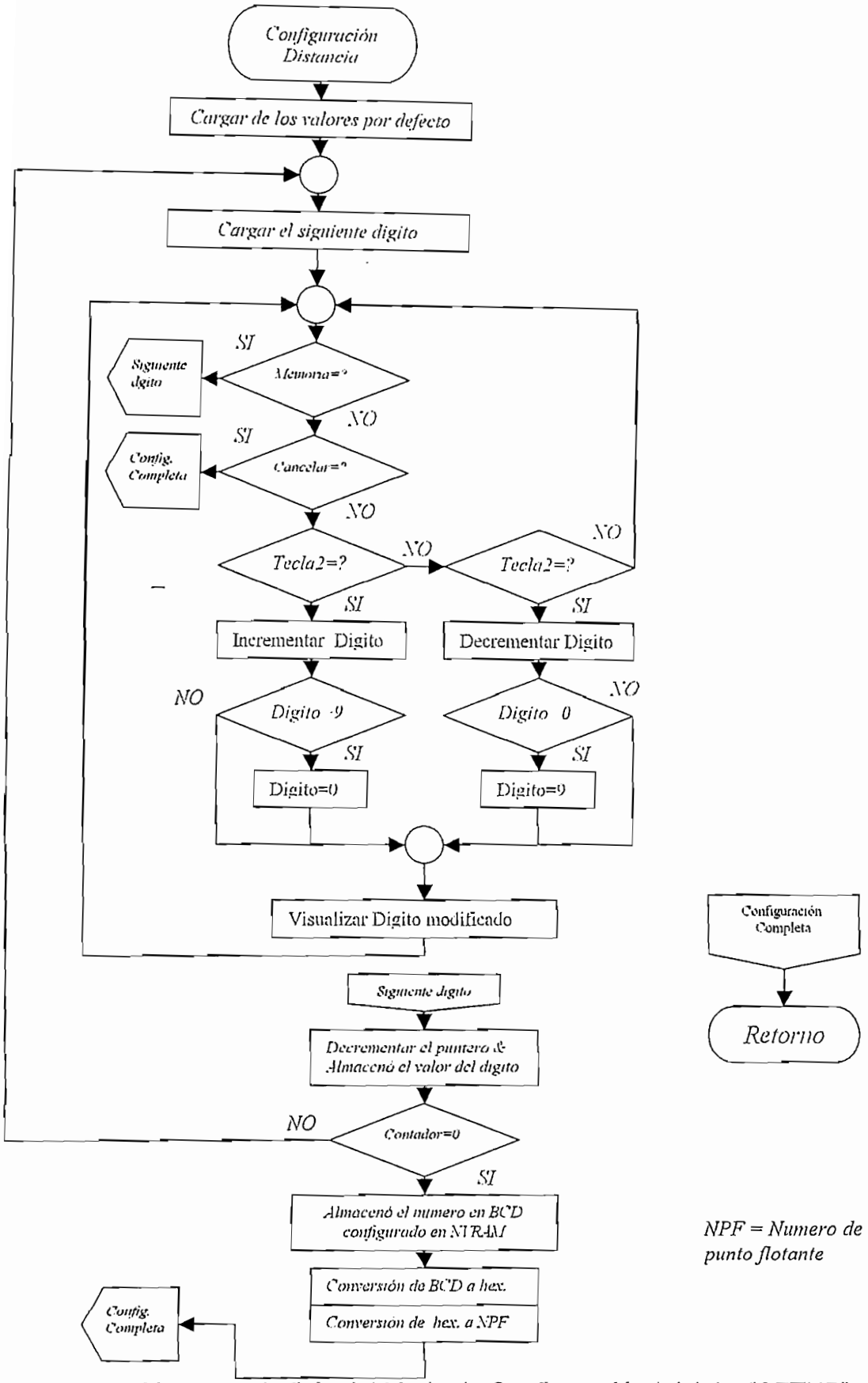


Figura 3.9 Diagrama de flujo del Modo de Configuración Inicial o "SETUP".

3.4.3.8 Subrutina de cálculo de los metros a sumar

Esta subrutina calcula los metros a sumar en cada interrupción, por el desbordamiento del Timer 0.

Se recuerda que el coeficiente característico o constante "W" del automóvil, es un factor que informa el tipo y cantidad de señales suministradas por el vehículo al sistema de información para automóvil [SIA], correspondiente a una distancia recorrida de un kilómetro. Este coeficiente es expresado: a) en rotaciones por kilómetros [rev/km] o b) en pulsos por kilómetros [p/km].

Se comienza primero con la lectura de la localidades 0x00h y 0x01h, para luego convertirlas a número de punto flotante NPF y realizar la operación de división del valor de escalamiento multiplicado por mil, ingresando por programa el valor ya convertido del numerador y almacenando el resultado en localidades asignadas para este propósito. A continuación se muestra el diagrama de flujo.

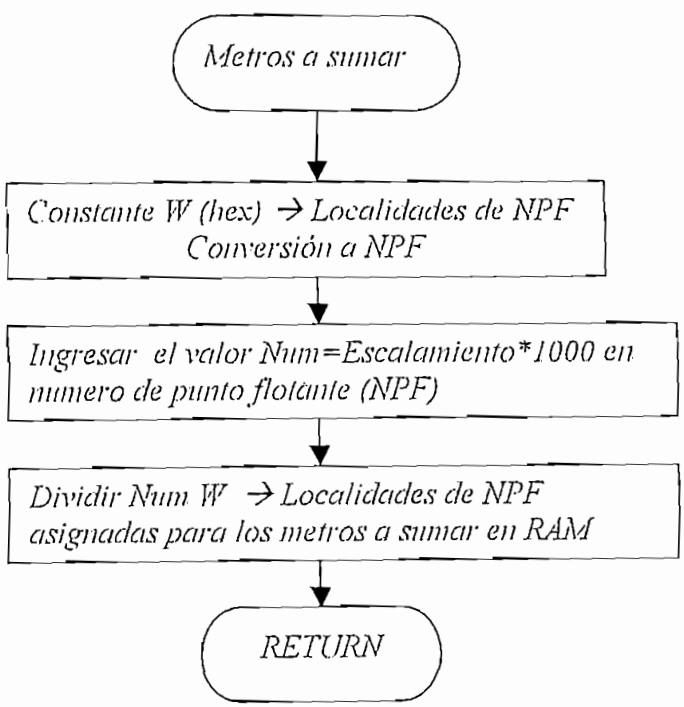


Figura. 3.10 Diagrama de flujo de la subrutina cálculo de los metros a sumar.

3.4.3.9 Subrutina de cálculo de la Constante de Velocidad Instantánea

Esta subrutina permite escalar el valor obtenido de la conversión, que está comprendido entre 0 y 1023, (0x000 a 0x3FF) a valores comprendidos entre 0 y 180km/h, para lo cual se debe realizar en primera instancia una división entre el valor máximo de la conversión (0x3FF) y el valor máximo de velocidad instantánea a visualizar que previamente ha sido descargado desde el computador y almacenado en la memoria EEPROM de datos, obteniéndose la llamada constante de velocidad instantánea la misma que es almacenada en la memoria RAM.

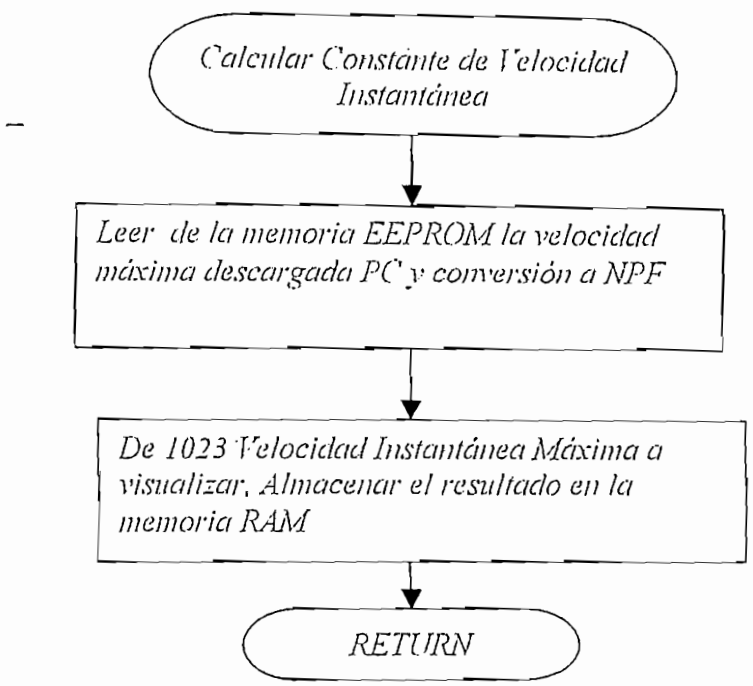


Figura 3.11 Subrutina de Cálculo de la Constante de Velocidad Instantánea

3.4.3.10 Subrutina de cargar valores por defecto

Se procede a establecer la velocidad máxima por defecto con solo cargar el valor en las localidades asignadas, de igual forma únicamente se realiza la lectura de los registros de hora y fecha del reloj y se los asigna a localidades de memoria RAM asignados.

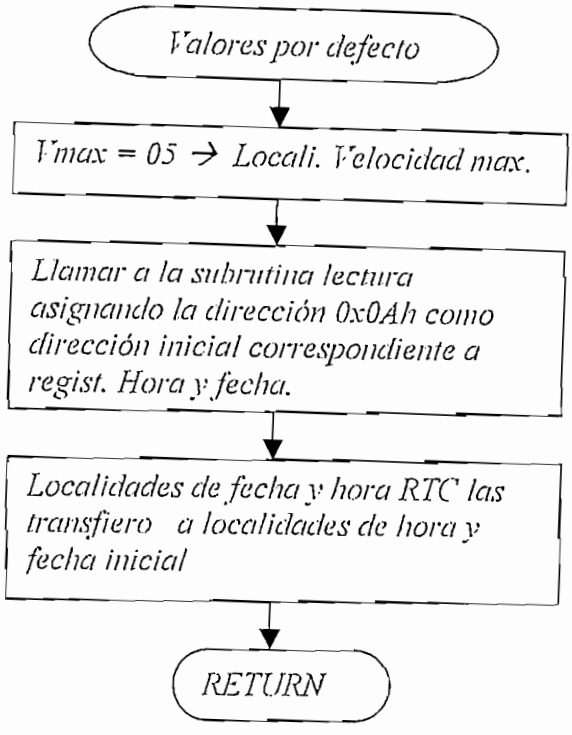


Figura 3.12 Subrutina de carga de valores por defecto

3.4.3.11 Subrutina de conjunto de valores de trayectos largos

Esta subrutina llama a la rutina de lectura asignándole la dirección inicial y asignándole las localidades de destino, adicionalmente se carga el valor del contador para realizar un lazo repetitivo de cuatro veces por cada variable como son:

- Distancia Recorrida
- Combustible consumido, y
- Tiempo transcurrido

Como e aprecia en el diagrama de flujo este tendría varios lazos que serian parecidos por cuanto se identifica la lectura de combustible consumido y distancia recorrida, entendiéndose que también se realiza la lectura de tiempo transcurrido.

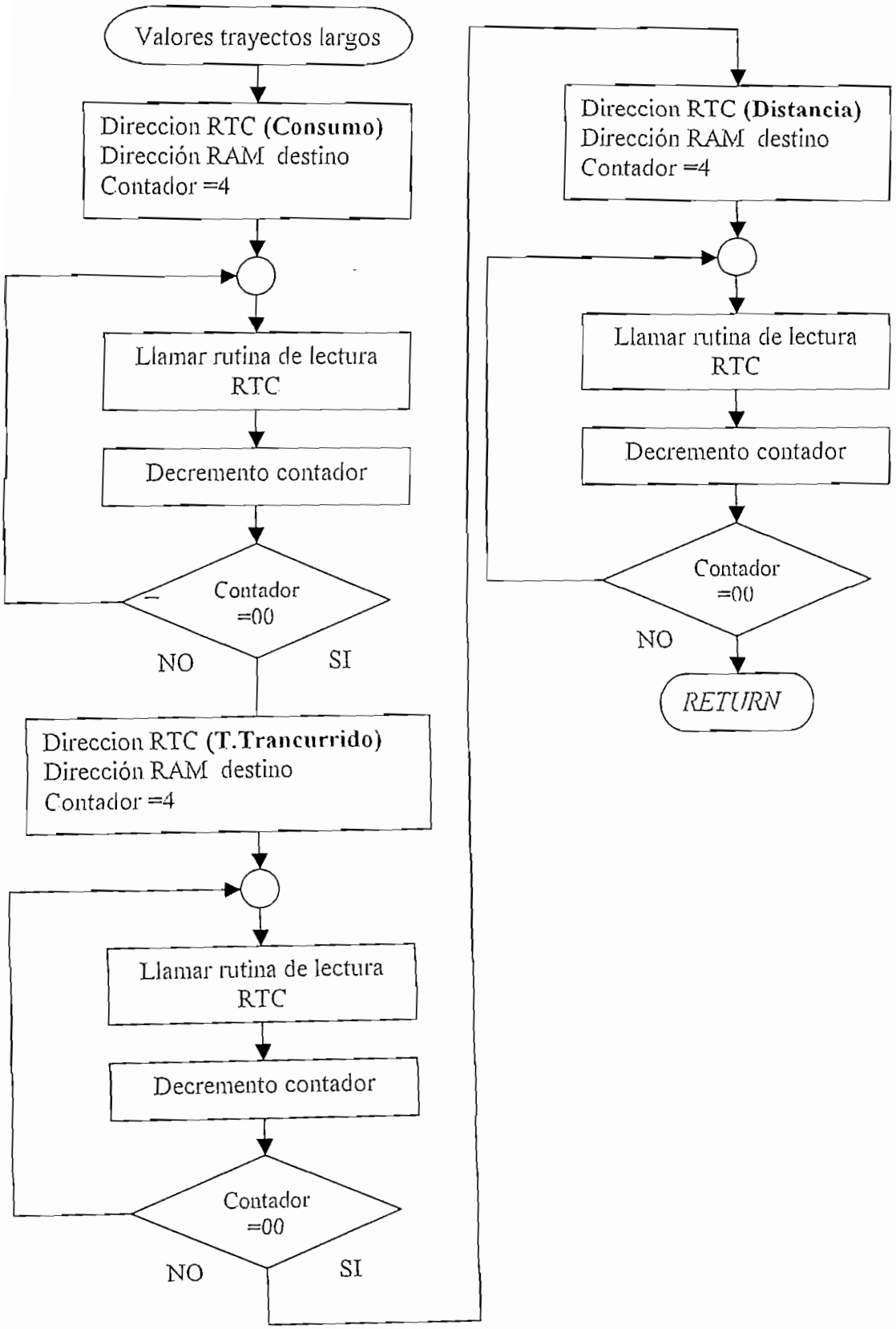


Figura 3.13 Subrutina de cargar conjunto de valores de trayectos largos

3.4.4 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LAS RUTINAS DE SERVICIO DE INTERRUPCIONES

3.4.4.1 Subrutina de Servicio a la Interrupción por Cambio de Estado (Teclado)

Esta rutina permite detectar qué tecla ha sido presionada y decodificar la función a realizar en función de la información que se encuentre mostrando en ese momento o del estado en el que se encuentre el sistema de información para automóvil SIA.

Dicha rutina se ejecuta en cada interrupción provocada por el cambio de estado en los pines del puerto B (RB4,RB5,RB6,RB7). Parte con la lectura del puerto para compararlo con los códigos correspondientes para cada tecla y así definir que tecla se ha presionado.

Existen dos modos de funcionamiento del sistema, el primero constituye el modo normal de funcionamiento presionando las cuatro teclas como "Enter", "Esc", "Up" y "Down", las cuales responden a los valores 0x07, 0x0D, 0x0B y 0x09 respectivamente.

El segundo modo de funcionamiento, se establece una vez presionado el micro interruptor, desplegando un menú de selección. En este segundo modo de funcionamiento las 4 teclas siguen realizando funciones similares, pero con la diferencia de que se generan códigos diferentes al estar presionado el micro interruptor.

Una vez que se ha ingresado en una de las opciones, ésta fija ciertos bits de los registros de sirven de banderas, para que en el programa principal controle el flujo del programa.

En la figura 3.14 se muestra el diagrama de flujo que describe la subrutina de teclado. Una vez que se ingresa a la rutina de servicio de interrupción por teclado

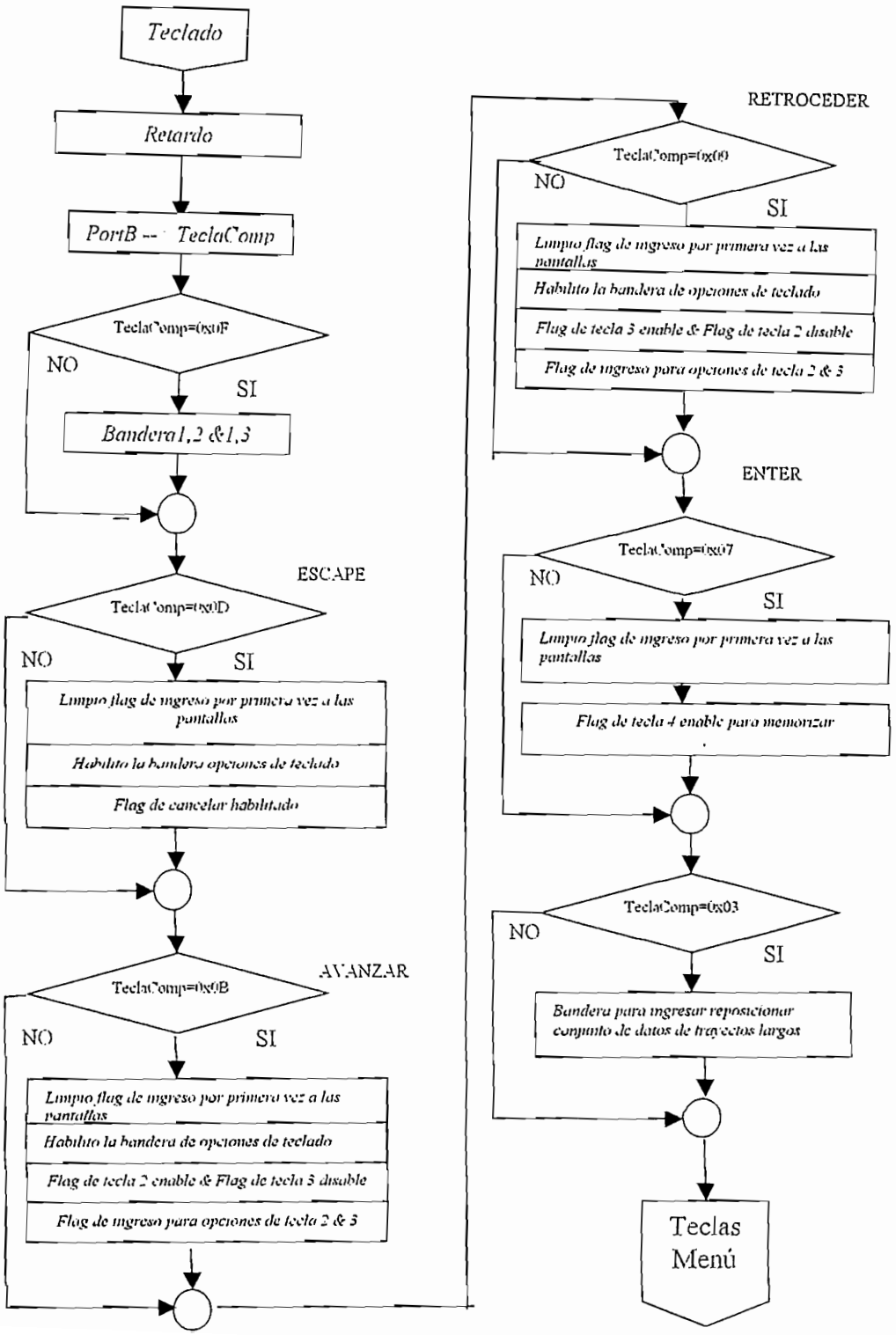
se ejecuta un retardo para la eliminación de rebotes, después de lo cual se realiza una lectura del nibble más significativo, el mismo que se lo pasa por una mascara y se intercambia los nibbles. Después, se realiza las diferentes comparaciones para determinar que tecla ha sido presionada.

Cuando se cumple con la opción (TeclaCOMP=0x0F) se ingresa a la opción de ninguna tecla, la cual limpia las banderas de avance y retroceso (tecla 2 y 3); si el valor (TeclaCOMP=0x0D) correspondiente a la tecla "Cancelar", la misma que permite limpiar las banderas de ingreso por primera vez, habilita la bandera para desvira el flujo normal a subrutinas que permite por ejemplo reiniciar el conjunto de datos de trayectos largos.

La tecla de avance (TeclaCOMP=0x0B), permite realizar el avance a través de la diferentes pantallas de información habilitando la bandera de la tecla 2 y deshabilita la bandera de la tecla 3. De manera similar actúa la tecla 3 (TeclaCOMP=0x09), la cual permite retroceder a una pantalla previa habilitando la bandera de la tecla 3 y deshabilitando la bandera de la tecla 2, en cualquiera de estas opciones se habilita la bandera de ingreso a las opciones de las teclas 2 y 3.

Existe una cuarta tecla que permite aceptar el valor ya configurado, la cual tiene el siguiente código (TeclaCOMP=0x07). En el diagrama se indica al igual que las cuatro teclas expuestas excepto "Ninguna Tecla", como se ejecuta la limpieza de las banderas de ingreso por primera vez en las pantallas y habilita la bandera de memorizar (aceptar).

La parte del diagrama de flujo detallado para las teclas "Enter", "Esc", "Up" y "Down" para teclas cuando están funcionando en modo de selección del menú son parecidas a las 4 teclas cuando están funcionando en modo normal.


Teclado
Retardo
PortB -- TeclaComp
TeclaComp=0x0F
NO
SI
Bandera1,2 &1,3
ESCAPE
TeclaComp=0x0D
NO
SI
Limpio flag de ingreso por primera vez a las pantallas
Habilito la bandera opciones de teclado
Flag de cancelar habilitado
AVANZAR
TeclaComp=0x0B
NO
SI
Limpio flag de ingreso por primera vez a las pantallas
Habilito la bandera de opciones de teclado
Flag de tecla 2 enable & Flag de tecla 3 disable
Flag de ingreso para opciones de tecla 2 & 3
RETROCEDER
TeclaComp=0x0
NO
SI
Limpio flag de ingreso por primera vez a las pantallas
Habilito la bandera de opciones de teclado
Flag de tecla 3 enable & Flag de tecla 2 disable
Flag de ingreso para opciones de tecla 2 & 3
ENTER
TeclaComp=0x07
NO
SI
Limpio flag de ingreso por primera vez a las pantallas
Flag de tecla 4 enable para memorizar
TeclaComp=0x03
NO
SI
Bandera para ingresar reposicionar conjunto de datos de trayectos largos
Teclas Menú

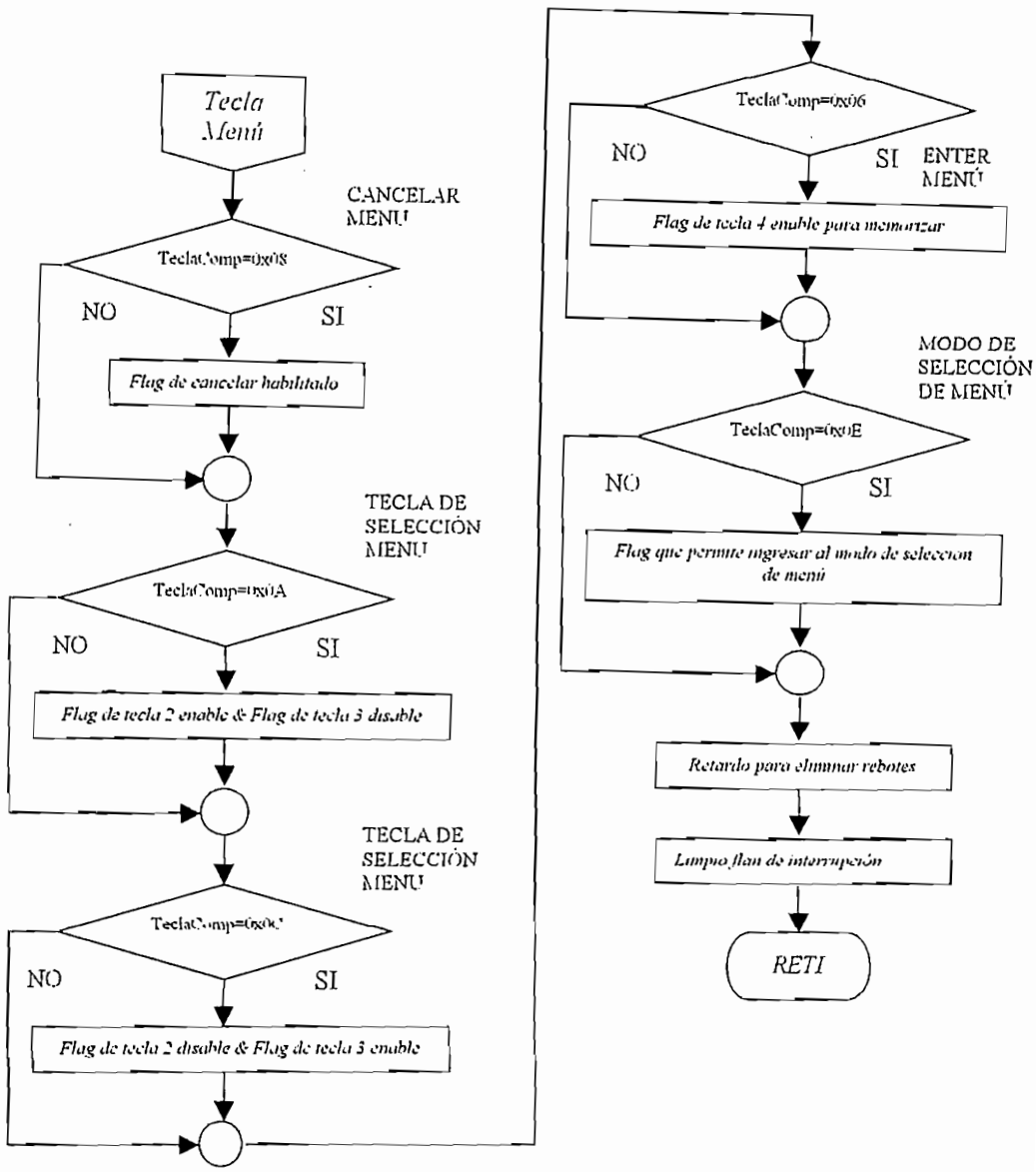


Figura 3.14 Subrutina de Teclado

3.4.4.2 Subrutinas de Servicio a la Interrupción del Temporizador 2

Dentro de las subrutinas que se ejecutan cada segundo, está la subrutina de atención a la interrupción del temporizador 2. Esto es debido a que ciertos parámetros del <SIA> requieren trabajar con datos actualizados, como por ejemplo, para calcular la autonomía del automóvil con el combustible restante en el depósito, se necesita tener valores actualizados de consumo medio de combustible. De igual forma se calculan valores de tiempo transcurrido, velocidad media, consumo medio y adicionalmente se registra el valor de la frecuencia proporcional a la apertura de los inyectores.

A continuación se detallan las subrutinas que se ejecutan dentro de la subrutina de atención de la interrupción del temporizador 2, y son:

- Subrutina de Tiempo Transcurrido.
- Subrutina de Velocidad media.
- Subrutina de Consumo medio.
- Subrutina de registro de frecuencia proporcional a la apertura de los inyectores.

3.4.4.2.1 Subrutina de Tiempo Transcurrido

Esta subrutina se ejecuta en la interrupción de desbordamiento del Timer 2 que genera una base de tiempo de un segundo. El sistema de información [SIA] permite visualizar los datos de tiempo transcurrido tanto para trayectos cortos como largos, llamados también tiempo transcurrido parcial y total respectivamente.

Para el cálculo del tiempo transcurrido para trayectos cortos se calcula la diferencia de la hora actual con la hora inicial fijada al encenderse el sistema (momento de encendido del automóvil). Dicha información se toma del reloj en tiempo real [RTC] DS17887-5.

La diferencia sustancial para el cálculo de tiempo transcurrido desde el encendido del automóvil (tiempo transcurrido parcial) para trayectos largos radica en que debe encerarse en el momento en el que se pulsa el botón de "RESET" de trayecto largos, es decir los registros de hora inicial deben ser cargados con la hora actual del sistema. En cambio para trayectos cortos los registros de hora inicial son cargados en las rutinas de inicialización del sistema.

Adicionalmente la rutina de cálculo de tiempo transcurrido para trayectos largos debe sumarse con el tiempo transcurrido acumulado del anterior trayecto recorrido, una vez realizada la suma ésta se almacena a partir de la dirección 0x1E de la memoria usuario NVRAM del reloj de tiempo real [RTC], por cuanto, si el sistema es apagado, el tiempo transcurrido acumulado hasta ese instante queda almacenado para la próxima vez que se encienda el sistema.

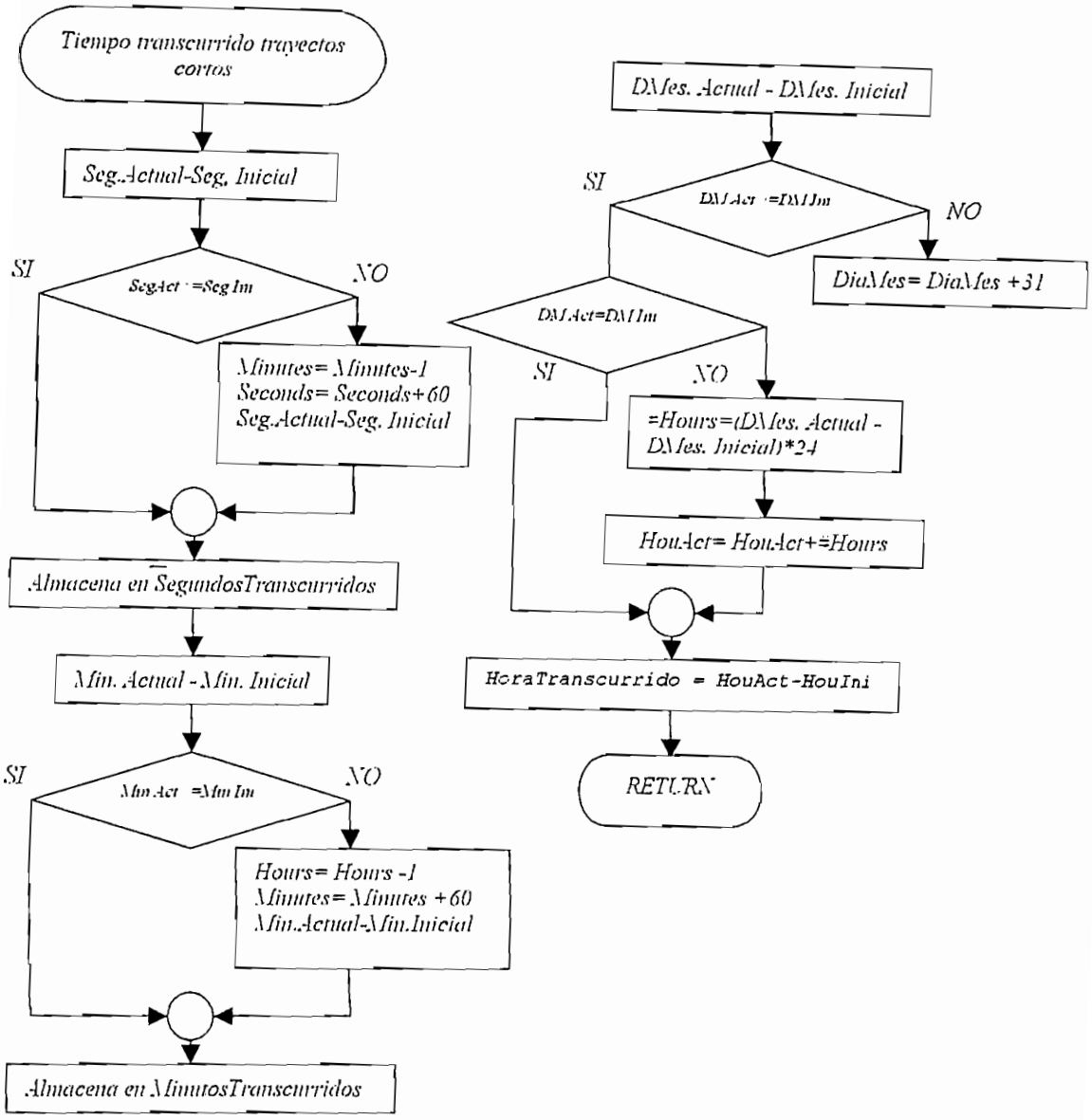


Figura 3.15. Subrutina de Cálculo de Tiempo Transcurrido (Trayectos Cortos)

La rutina de tiempo para trayectos largos es la siguiente:

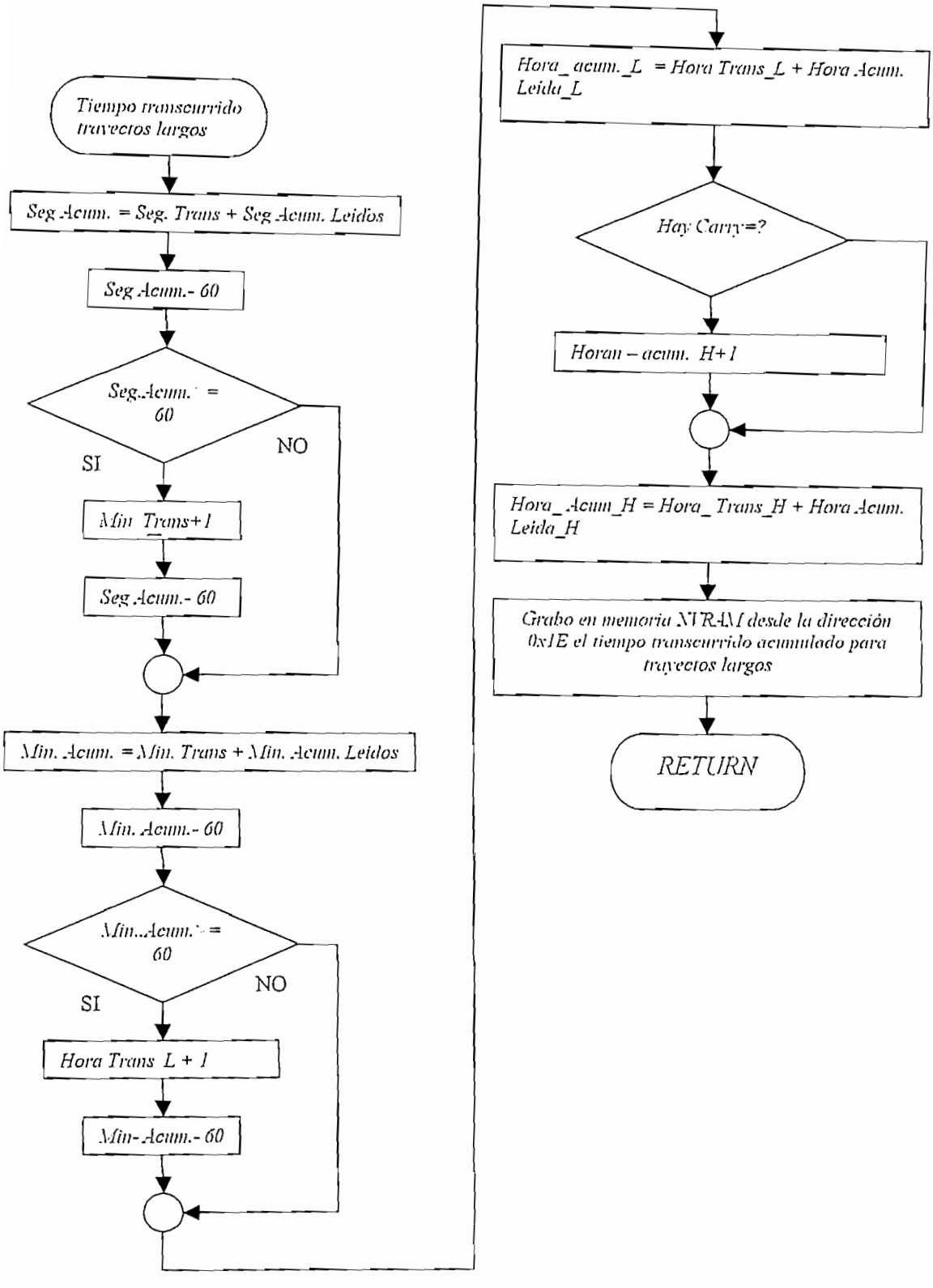


Figura 3.16. Subrutina de Cálculo de Tiempo Transcurrido (Trayectos Largos)

3.4.4.2.2 Subrutina de Velocidad Media

Esta subrutina calcula la velocidad media del automóvil, en base a la distancia recorrida y el tiempo transcurrido hasta ese momento. Dado que la distancia recorrida trabaja con el formato de punto flotante no es necesaria ninguna conversión, en tanto que el tiempo transcurrido se encuentra en formato de punto fijo (entero), más específicamente en hexadecimal. Se realiza la conversión del registro de minutos transcurridos a número de punto flotante y la división para 60 para convertirlo a horas, quedando almacenado dicho valor en el argumento BARG; se procede a la conversión de horas transcurridas a número de punto flotante; y, se realiza la suma de las horas deducidas de los minutos transcurrido y las horas de la conversión de horas transcurridas. Finalmente se realiza la división de distancia recorrida para el tiempo transcurrido calculado y se almacena en localidades de memoria RAM del propio microcontrolador.

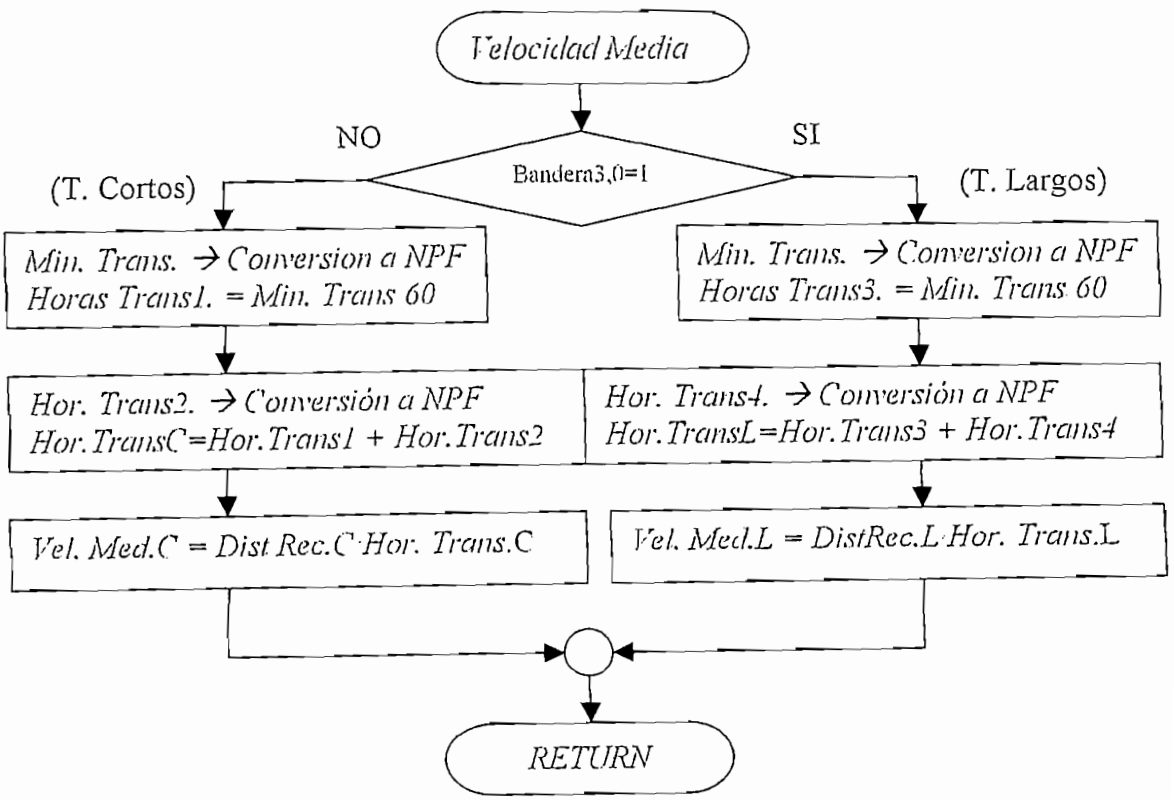


Figura 3.17 Subrutina de Velocidad Media

La subrutina expuesta en la figura 3.17 es válida tanto para trayectos cortos y largos tendiendo en cuenta que se calculan con diferentes conjuntos de datos. Esta subrutina no tiene problemas de cálculo cuando el automóvil se enciende pero no se pone en marcha de manera inmediata, ya que simplemente si la distancia recorrida es cero, también lo será la velocidad media.

3.4.4.2.3 Subrutina de Consumo Medio

Esta subrutina se ejecuta cada segundo y sirve también para el cálculo de autonomía con el combustible restante. Se procede en primer lugar a la conversión a número de punto flotante del valor de combustible consumido para luego multiplicarlo por 10000 deducido a partir de considerar que los registros de combustible consumido están multiplicados por un factor de diez y debido a que el incremento de la distancia recorrida es metros y adicionalmente a que se debe multiplicar por cien para trabajar con unidades de [l/100Km]. Finalmente la cantidad obtenida de la multiplicación de combustible consumido por el factor de diez mil se la divide para la distancia recorrida almacenando esta cantidad en localidades de memoria RAM del microcontrolador.

Dado que existen problemas de cálculo al tener una distancia recorrida de cero cuando el automóvil ha recorrido una distancia menor a los 5 Km, esta subrutina de calculó de consumo medio se ejecutará únicamente cuando la distancia recorrida haya superado los 5 kilómetros, tanto en trayectos largos y cortos. Mientras no se cuente con datos suficientes para el cálculo de consumo medio, en la pantalla del LCD se visualizara un consumo medio de 7 l/100 Km que es un dato adquirido experimentalmente para un trayecto mixto (carretera y cuidad).

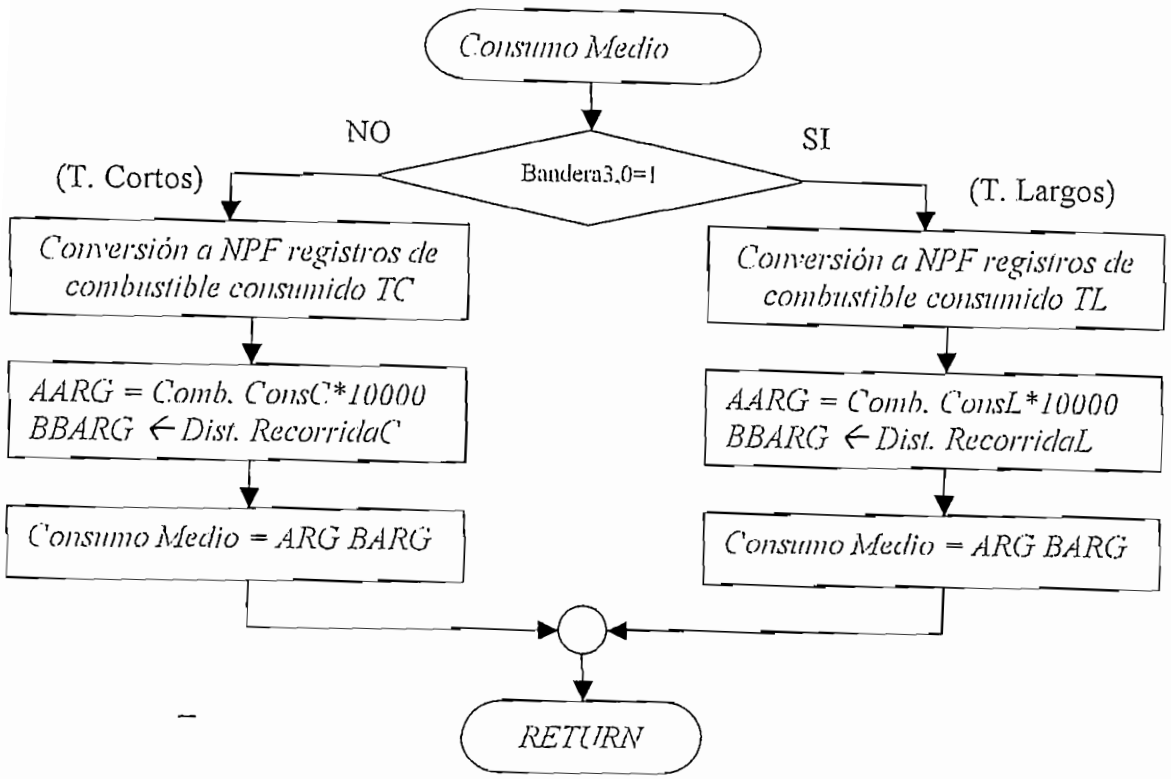


Figura 3.18 Subrutina de Consumo Medio

3.4.4.2.4 Subrutina de Registro de frecuencia proporcional a la apertura de los inyectores

Esta subrutina registra el valor de frecuencia generada por el microcontrolador auxiliar (proporcional a la apertura de los inyectores) en una base de tiempo de un segundo generada por el Temporizador 2 de 8 bits con la ayuda de un contador auxiliar externo que se decrementa setenta y dos veces. A su vez el temporizador se carga para contar 250 veces, con las prescalas configuradas a sus valores máximos que son de dieciséis, tanto de prescala y de postescala, obteniéndose una prescala total de 256.

$$Temporización_{1seg} = 4 \cdot T_{osc} \cdot DivFrecTotal \cdot Valor\ en\ TMR0 \quad [Ec.3.25]$$
$$= 4 \cdot 54{,}25437 nseg \cdot 256 \cdot 250 = 0{,}01389 seg$$
$$Temporización_{1seg} = 72 * 0{,}01389 seg = 1 seg \quad [Ec.3.26]$$

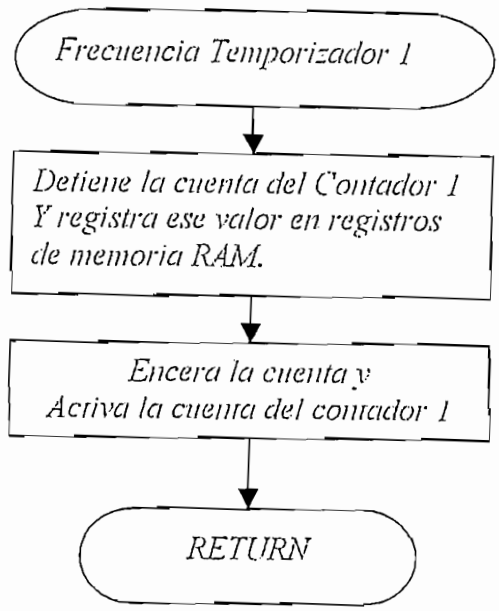


Figura 3.19 Subrutina de Registro de frecuencia proporcional a la apertura de los inyectores

Al ejecutar las subrutinas descritas anteriormente (tiempo transcurrido, velocidad media, consumo medio), se procede a cargar el valor del Temporizador 2, el contador externo, configurar las prescalas y sale de la interrupción habilitando la bandera TMR2.

3.4.4.2.5 Subrutina de Servicio a la Interrupción por desbordamiento del Temporizador/Contador 0 (Distancia Recorrida)

Esta subrutina sirve para ir incrementando los registros de distancia recorrida, que trabajan con aritmética de punto flotante, es decir, se suma el valor de metros a sumar con el valor de metros acumulados. En esta subrutina de atención a dicha interrupción se incrementa a la cantidad de metros acumulados, tanto para trayectos cortos como largos, la diferencia radica en que la distancia acumulada para este último se almacena en memoria NVRAM para que estos datos no se pierdan al apagar el [SIA]. Los metros a sumar calculados equivalen a un determinado número de pulsos, que dependen del escalamiento escogido y del número de pulsos por revolución generado por el sensor de velocidad instalado

en el automóvil. La figura 3.20 muestra el diagrama de flujo de la subrutina de distancia recorrida.

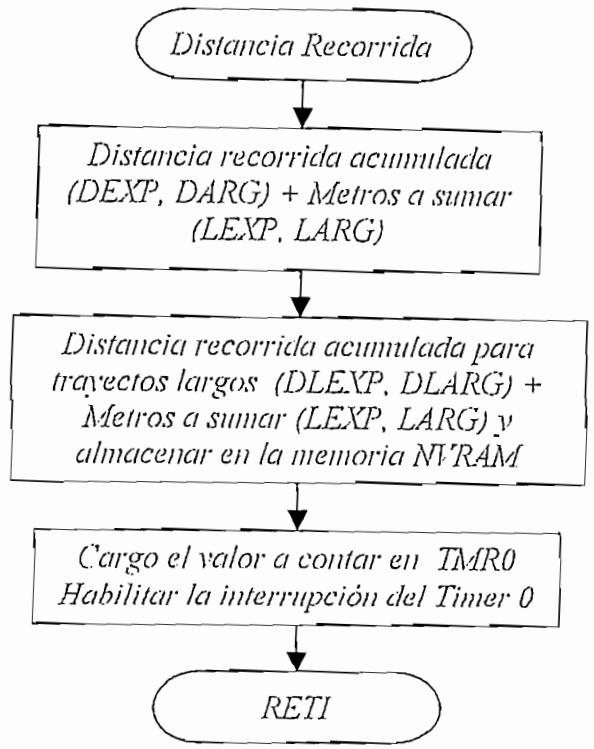


Figura 3.20 Subrutina de Distancia Recorrida para Trayectos Largos y Cortos

3.4.4.2.6 Subrutina de Servicio a la Interrupción Externa RB0 (Combustible Consumido)

En esta subrutina se incrementan los registros de combustible consumido de trayectos largos y cortos cada vez que se produce una interrupción externa en el pin RB0, por flanco negativo, debido a la señal generada por el PIC16F84A (encargado de generar un pulso por cada 0,1 litros consumidos). La figura 3.21 muestra el diagrama de flujo de la subrutina de combustible consumido.

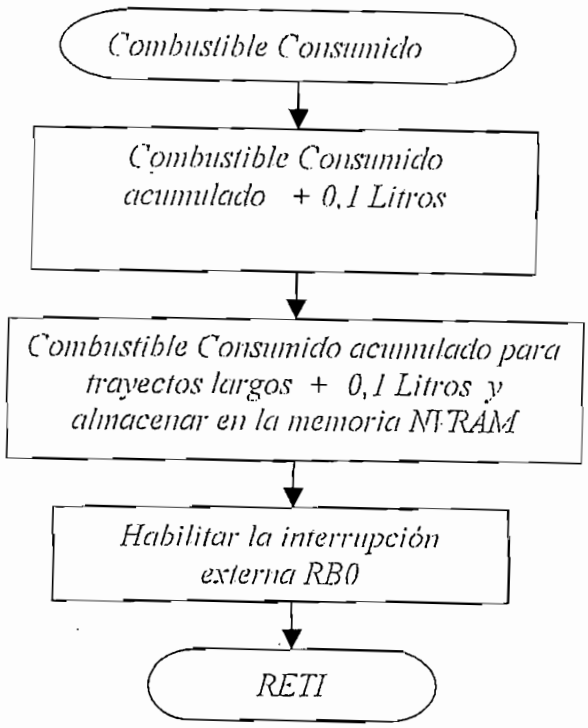
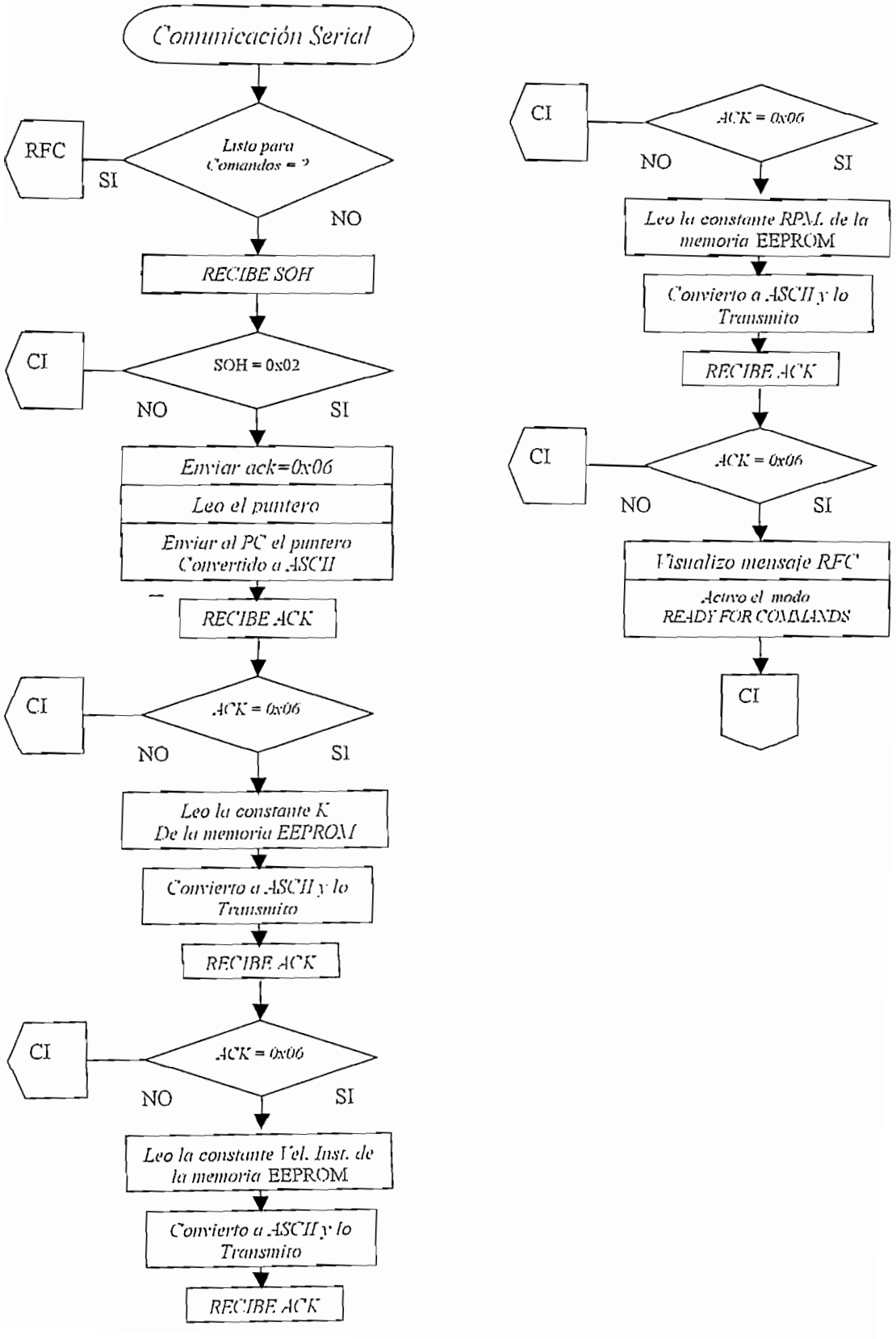
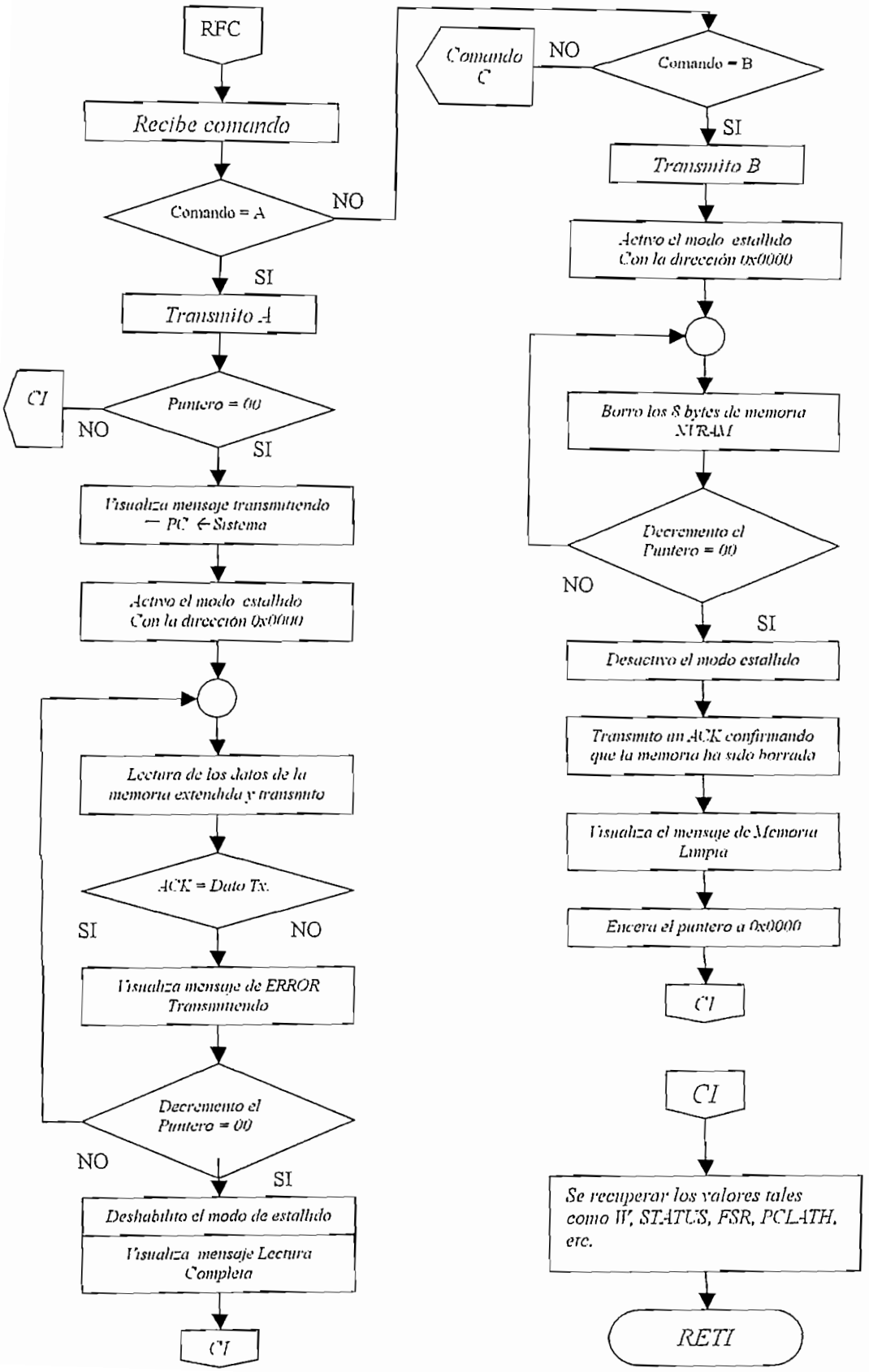


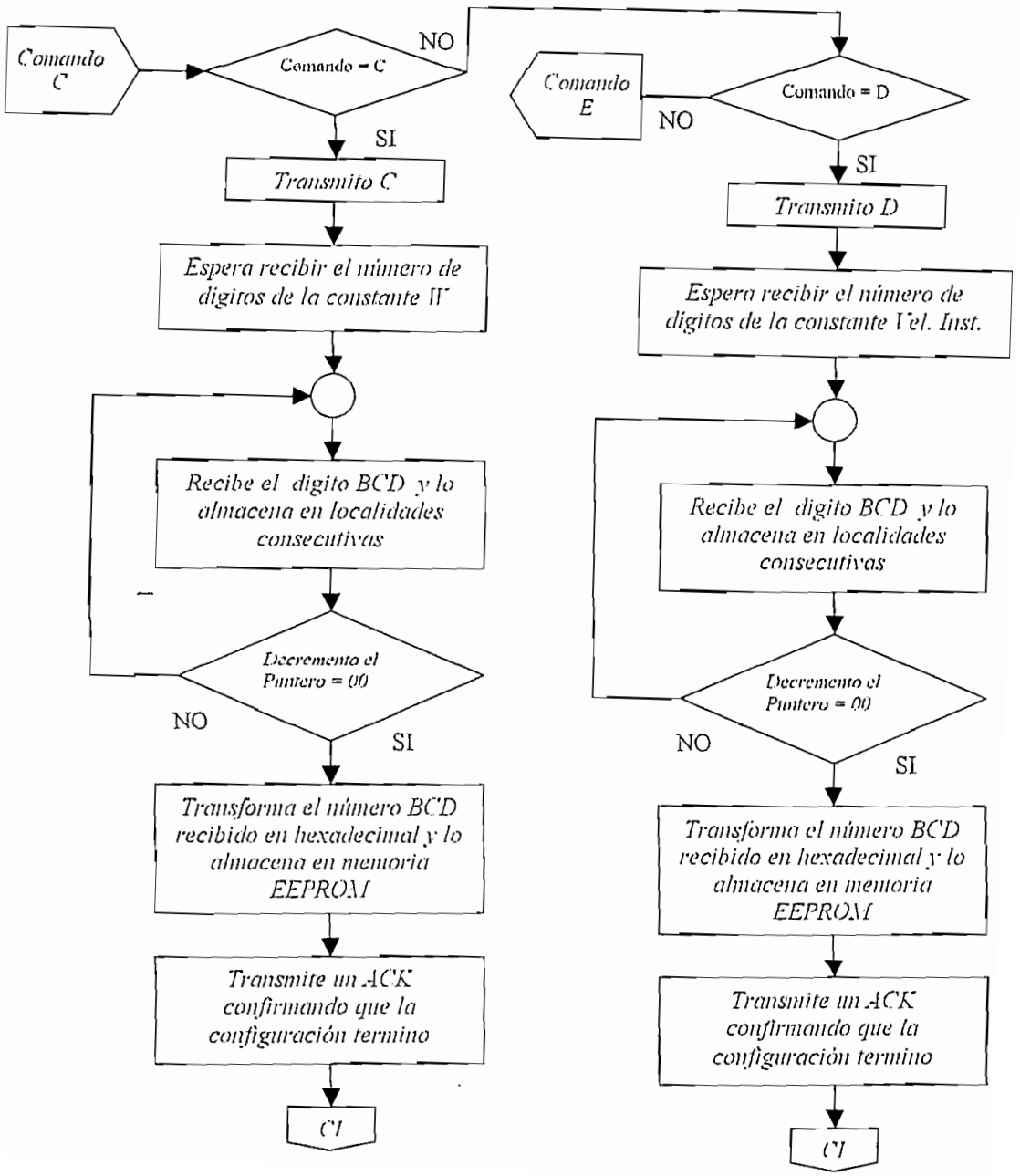
Figura 3.21 Subrutina de de Combustible Consumido para Trayectos Largos y Cortos

3.4.4.2.7 Subrutina de Servicio a la Interrupción por Recepción Serial

Esta subrutina se ejecuta, siempre y cuando se encuentre el sistema en modo "on-line", al presionar la tecla de interfase RS-232C. Desde el computador se leen parámetros como el valor del puntero que indica la cantidad de memoria extendida NVRAM ocupada con datos, el valor actual de W configurado y el valor máximo de velocidad instantánea. Una vez que se obtienen los datos anteriormente mencionados se pasa al modo "ready for command" listo para atender a los comandos, tales como son la lectura de la memoria, borrado de la memoria, configuración o descarga de la constante W del automóvil, y el valor de velocidad instantánea máxima a visualizar. Estos últimos valores de configuración son almacenados en la memoria EEPROM de datos. El diagrama de flujo correspondiente a esta interrupción se encuentra en la figura 3.22, que consta en las páginas: 147, 148, 149 y 150.


Comunicación Serial
RFC
Listo para Comandos = ?
SI
NO
RECIBE SOH
CI
SOH = 0x02
NO
SI
Enviar ack=0x06
Leo el puntero
Enviar al PC el puntero Convertido a ASCII
RECIBE ACK
CI
ACK = 0x06
NO
SI
Leo la constante K De la memoria EEPROM
Convierto a ASCII y lo Transmito
RECIBE ACK
CI
ACK = 0x06
NO
SI
Leo la constante Vel. Inst. de la memoria EEPROM
Convierto a ASCII y lo Transmito
RECIBE ACK
CI
ACK = 0x06
NO
SI
Leo la constante RPM. de la memoria EEPROM
Convierto a ASCII y lo Transmito
RECIBE ACK
CI
ACK = 0x06
NO
SI
Visualizo mensaje RFC
Activo el modo READY FOR COMMANDS
CI


RFC
Recibe comando
Comando = A
NO
SI
Transmito A
CI
Puntero = 00
NO
SI
Visualiza mensaje transmitiendo
— PC ← Sistema
Activo el modo estallido
Con la dirección 0x0000
Lectura de los datos de la
memoria extendida y transmito
ACK = Dato Tx.
SI
NO
Visualiza mensaje de ERROR
Transmitiendo
Decremento el
Puntero = 00
NO
SI
Deshabilito el modo de estallido
Visualiza mensaje Lectura
Completa
CI
Comando
C
NO
Comando = B
SI
Transmito B
Activo el modo estallido
Con la dirección 0x0000
Borro los 8 bytes de memoria
NVRAM
Decremento el
Puntero = 00
NO
SI
Desactivo el modo estallido
Transmito un ACK confirmando
que la memoria ha sido borrada
Visualiza el mensaje de Memoria
Limpia
Encera el puntero a 0x0000
CI
CI
Se recuperar los valores tales
como W, STATUS, FSR, PCLATH,
etc.
RETI


Comando C
Comando = C
NO
SI
Transmito C
Espera recibir el número de digitos de la constante W
Recibe el digito BCD y lo almacena en localidades consecutivas
Decremento el Puntero = 00
NO
SI
Transforma el número BCD recibido en hexadecimal y lo almacena en memoria EEPROM
Transmite un ACK confirmando que la configuración termino
CI
Comando E
Comando = D
NO
SI
Transmito D
Espera recibir el número de digitos de la constante Vel. Inst.
Recibe el digito BCD y lo almacena en localidades consecutivas
Decremento el Puntero = 00
NO
SI
Transforma el número BCD recibido en hexadecimal y lo almacena en memoria EEPROM
Transmite un ACK confirmando que la configuración termino
CI

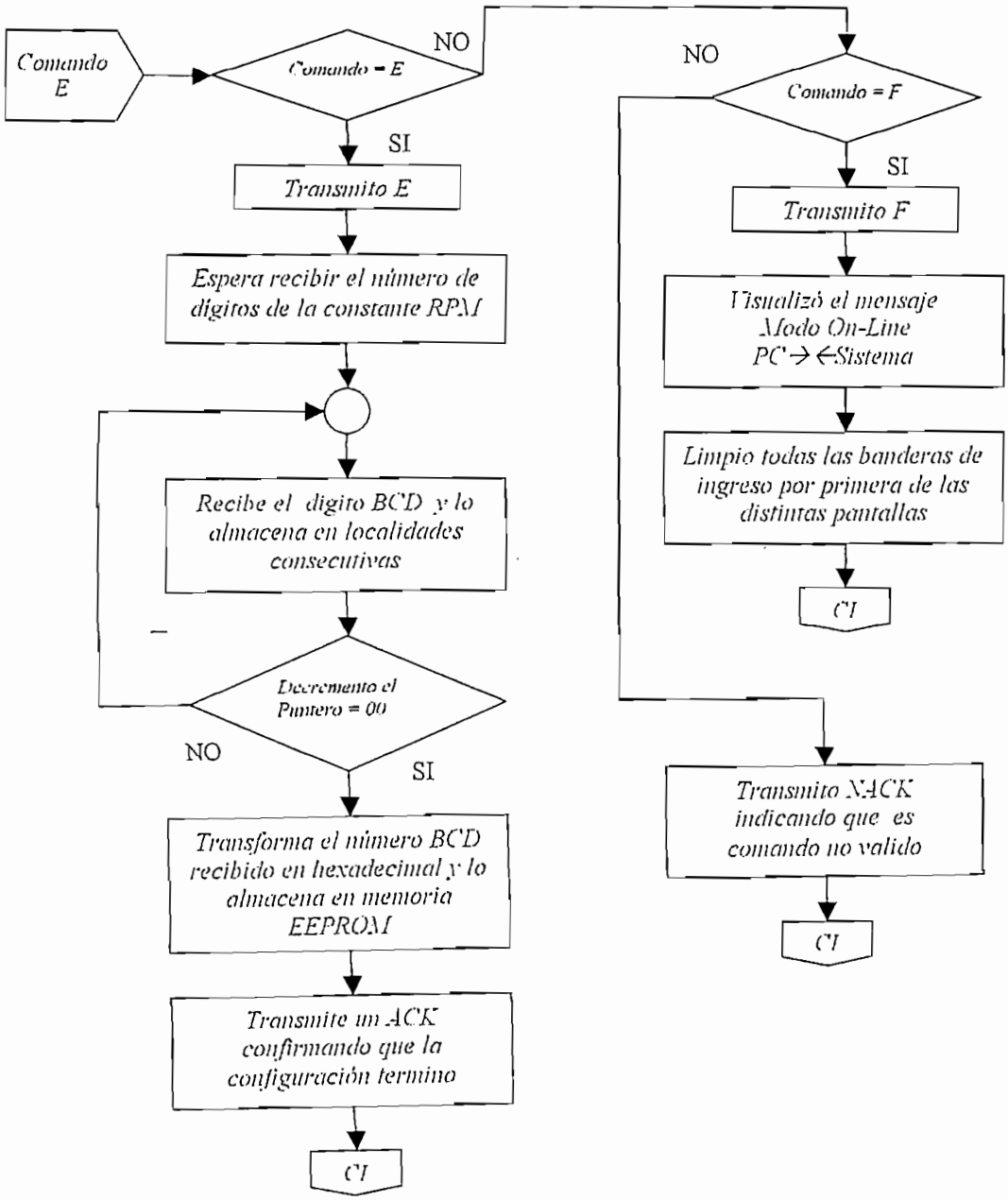


Figura 3.22 Subrutina de la Comunicación Serial Asíncrona

3.4.5 DIAGRAMAS DE FLUJO DE SUBRUTINAS ADICIONALES

3.4.5.1 Subrutina de escritura en el LCD

Para llamar a la subrutina de escritura de datos o comandos se debe cargar previamente en el acumulador el valor que se desea enviar codificado en su equivalente ASCII. Dado que se transforma primeramente a hexadecimal cualquier cálculo realizado mediante aritmética de punto flotante, se suma 30h al número que se desea visualizar. Esta subrutina permite enviar comandos o datos al LCD con un código de programa muy reducido.

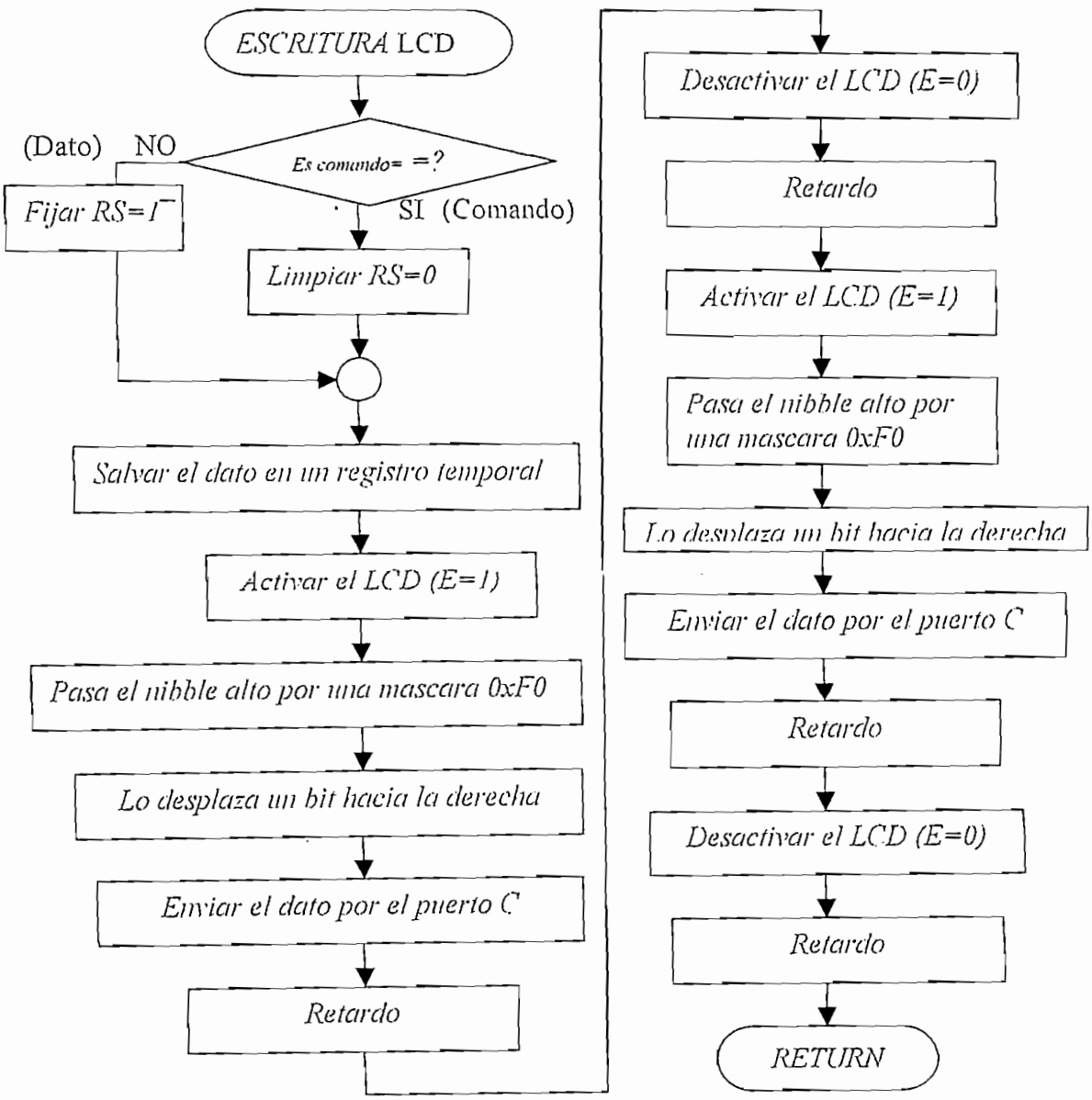


Figura 3.23 Diagrama de flujo de la escritura de comandos y datos en el LCD.

3.4.5.2 Subrutina de escritura del Reloj de Tiempo Real

Esta subrutina permite realizar escritura tanto de localidades NVRAM de usuario y de memoria extendida, rigiéndose a los diagramas de tiempo de las hojas de datos del DS17887-5. El pin CS (Chip Select) está conectado a tierra, controlando únicamente las señales de lectura (RD), escritura (WR) y la habilitación de la retención de las direcciones
(ALE).

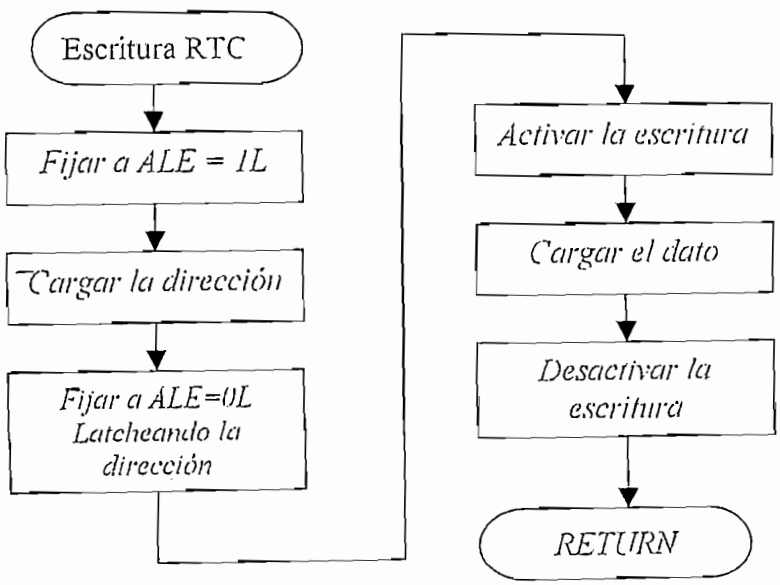


Figura 3.24 Subrutina de escritura del Reloj de Tiempo Real

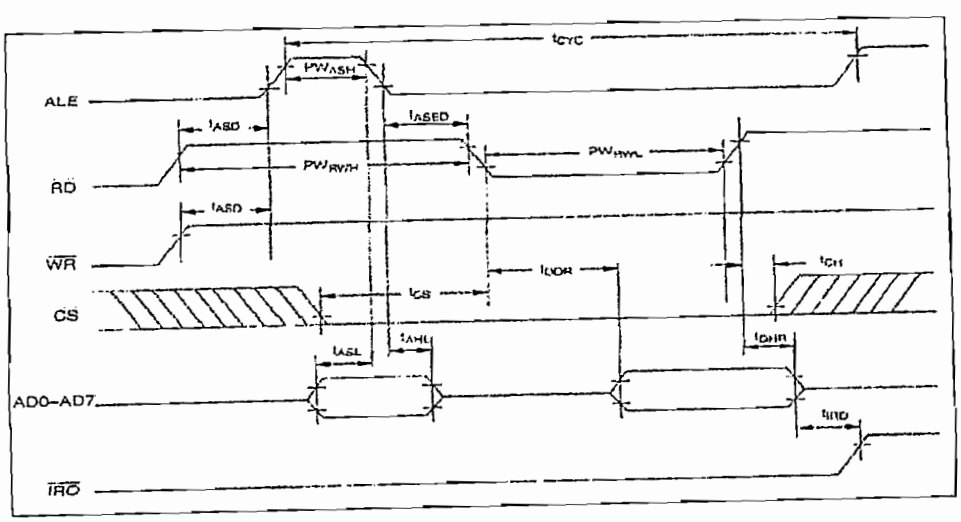


Figura 3.25 Diagrama de tiempos para la escritura en las memorias del RTC DS17887-5

De acuerdo al diagrama presentado en la figura 3.25, lo primero que se debe hacer es poner en nivel lógico alto las líneas de control de lectura, escritura y retención de direcciones respectivamente #RD, #WR y #ALE. Posteriormente se configura el puerto D como salida, cargando la dirección a la que se desea acceder, luego se pone en cero lógico la línea de control #ALE con lo cual queda asignada la dirección. Se activa posteriormente la línea de control para escritura #WR definiendo el período de tiempo durante el cual los datos se escriben en el registro direccionado, periodo durante el que se envía el dato a ser escrito, terminando con la desactivación de la escritura fijando la línea de control en uno lógico (#WR = 1).

3.4.5.3 Subrutina de lectura del Reloj de Tiempo Real

Esta subrutina permite realizar la lectura tanto de localidades NVRAM de usuario y de memoria extendida, rigiéndose en los diagramas de tiempo de las hojas de datos del DS17887-5, utilizándose tres señales adicionales de control RD, WR, ALE a parte de los ocho pines usados como bus de datos y direcciones multiplexados.

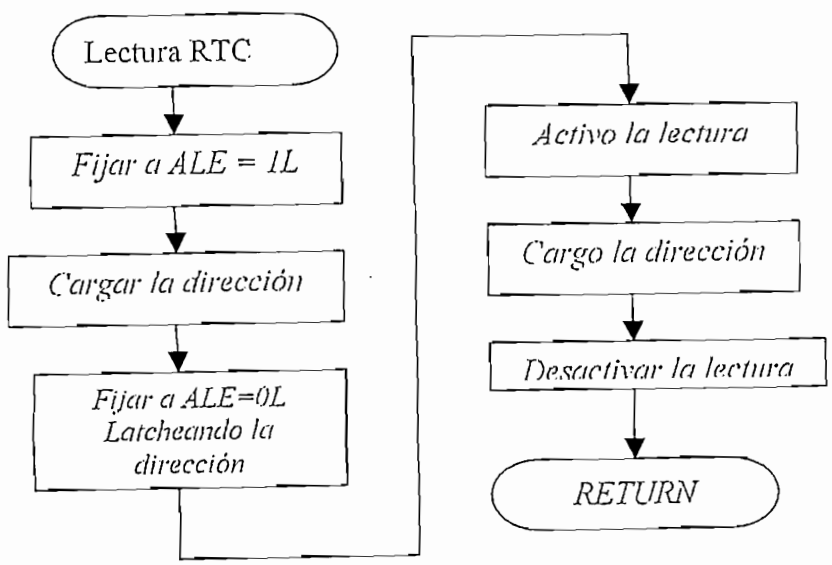


Figura 3.26 Subrutina de Lectura del Reloj de Tiempo Real

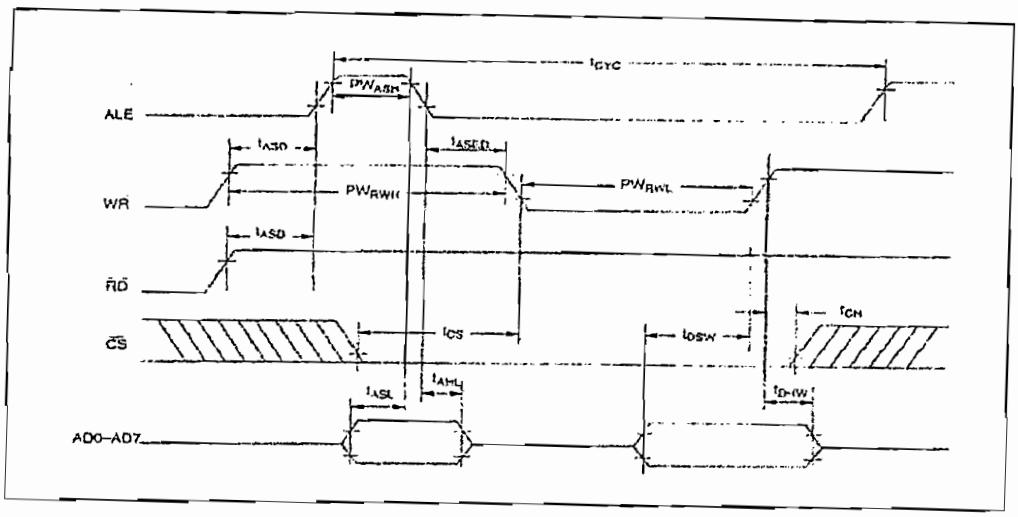


Figura 3.27 Diagrama de tiempos para la lectura en las memorias del RTC DS17887-5

En el diagrama presentado en la figura 3.27, se indica que inicialmente todas las líneas de control deben estar en uno lógico (excepto #CS). Se envía la dirección que contiene el dato leído, posteriormente esta dirección es retenida mediante un flanco negativo en la línea de control #ALE. Para habilitar la lectura se debe habilitar la señal de lectura (#RD = 0) después de lo cual se realiza la lectura configurando previamente el puerto D como entrada; luego de terminar la lectura se configura nuevamente el puerto como salida, terminado con la desactivación de la señal de lectura.

3.4.5.4 Subrutina de Visualización de códigos ASCII

Para llamar a esta subrutina se requiere configurar el lugar donde se colocará el punto de coma, direccionar la localidad inicial donde se encuentra el dato a visualizar (localidades BCD) y el número de dígitos a visualizar. Además se requiere cargar en el registro de trabajo (acumulador), la dirección inicial a partir de la cual se escribirá.

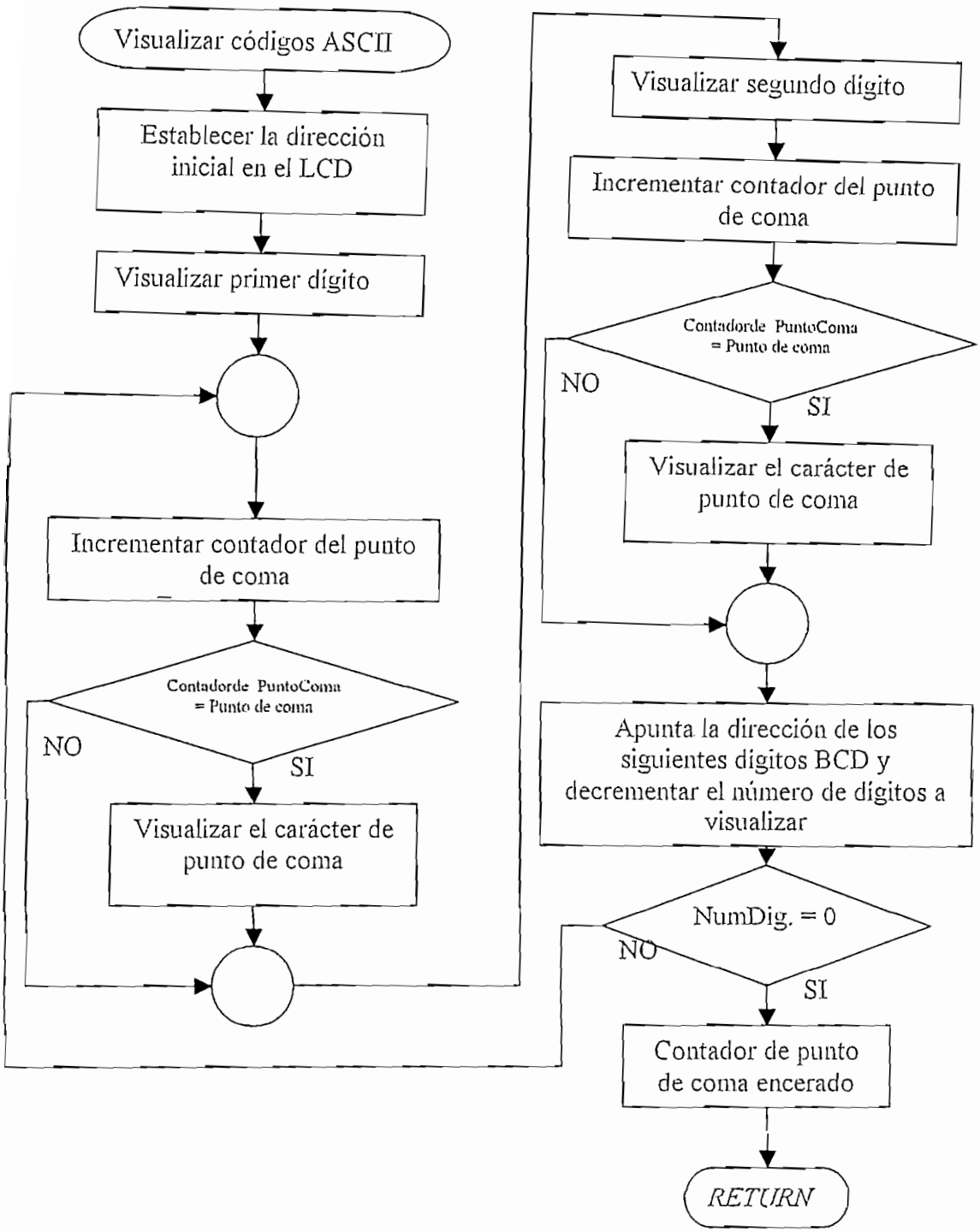


Figura 3.28 Diagrama de flujo de la subrutina de visualización de códigos ASCII

3.4.5.5 Subrutina de Visualización de Mensajes

Esta subrutina requiere que inicialmente se ingrese en el registro de trabajo (acumulador) la dirección del mensaje a visualizar. Al ingresar a la subrutina se salva la dirección inicial del mensaje, luego busca el carácter en la tabla, una vez recuperado el carácter que se desea visualizar se lo compara si es el último carácter de la tabla, si no lo es lo visualiza en el LCD. En el caso de ser el último carácter de la tabla, sale de la subrutina de visualización de mensajes.

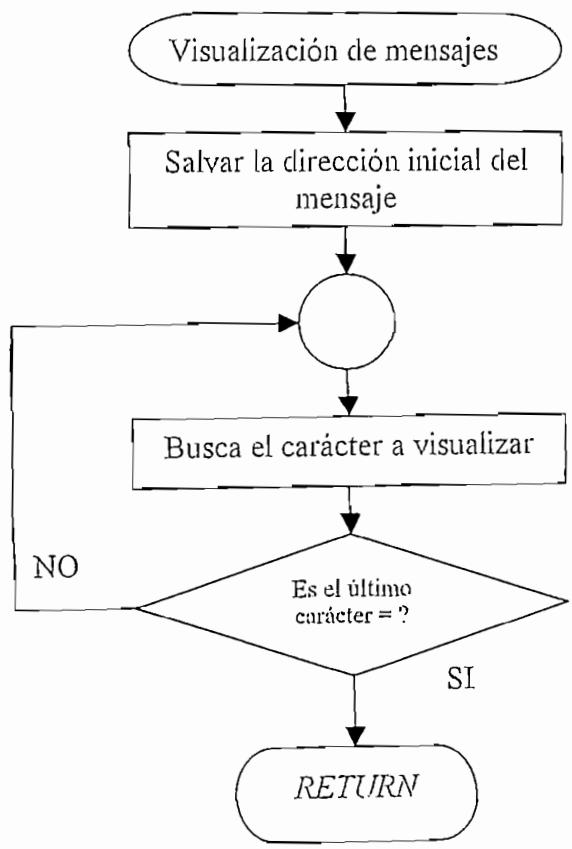


Figura 3.29 Diagrama de flujo de la subrutina de visualización de mensajes

3.5 MENÚ DE TECLADO

El SIA tiene cinco teclas y un interruptor cuyas funciones son las siguientes:

Cuando el sistema esta funcionando en modo normal

- Tecla "Enter" permite aceptar los valores que se desea configurar.
- Tecla "Esc" permite cancelar la configuración de la igualación de la hora y fecha.
- Tecla "Up" permite avanzar a la próxima pantalla de información.
- Tecla "Down" permite revisar la pantalla previa de información.
- Tecla "RESET", encera los registros de consumo de combustible, distancia recorrida y tiempo transcurrido.

Para ingresar al modo de selección del menú, se presiona el interruptor "Interfaz RS232".

Cuando el sistema esta funcionando en modo de selección de menú

- Tecla "Enter" permite aceptar la opción seleccionada
- Tecla "Esc" permite salir del modo de selección del menú
- Tecla "Up" permite escoger la opción superior
- Tecla "Down" permite escoger la opción inferior
- Tecla "RESET", deshabilitada en este modo

La subrutina de selección permite escoger las diferentes opciones presentadas en el cuadro sinóptico a continuación:

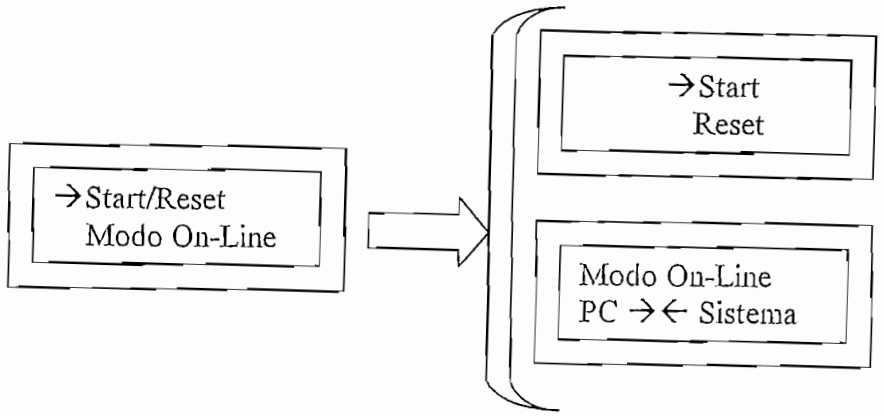


Figura 3.30 Cuadro Sinóptico de las Pantallas de Selección del Menú

Una vez presionada la tecla de selección de menú se despliega una primera pantalla que permite seleccionar : entrar a una segunda pantalla de menú para seleccionar el conjunto de datos a visualizar, o entrar en el modo On-Line del sistema que permite la comunicación con la PC.

Al ingresar a la opción de selección de datos a visualizar se podrá escoger entre visualizar el conjunto de datos medidos y calculados sean estos desde el Arranque (START) para trayectos cortos, o desde el último RESET para trayectos largos.

Si por el contrario, se ingresa a la opción de Modo On-Line, se habilita la interrupción de comunicación serial asincrónica y a su vez se deshabilitan todas las interrupciones a excepción de la interrupción por cambio de estado del puerto B, ya que ésta le permita regresar a la ejecución del programa principal, más específicamente a la pantalla que estaba visualizándose por última vez.

3.6 SUBRUTINAS DE PANTALLAS DE VISUALIZACION

A continuación se detallan las diferentes subrutinas que se ejecutan en cada una de las pantallas de visualización con sus respectivos diagramas de flujo e información que estas despliegan.

3.6.1 Subrutina de Visualización del Consumo Instantáneo en [l/100Km]

Esta subrutina permite visualizar el cálculo del consumo instantáneo en [l/100Km] de acuerdo a la *Ec 3.4* cuando la velocidad instantánea está sobre los 25 km/h.

Se realiza primero la conversión a NPF de la frecuencia proporcional a la apertura de los inyectores para luego multiplicar este resultado con el valor de la constante deducida de la transformación de unidades y a su vez de la constante de escalamiento de la velocidad instantánea. Por último, se divide para el valor de la conversión de la señal de velocidad instantánea convertido en NPF previamente.

Si la velocidad instantánea está por debajo de los 25 km/h se visualiza el valor de consumo instantáneo en l/h de acuerdo a la *Ec 3.6* realizándose primero la conversión a NPF de la frecuencia proporcional a la apertura de los inyectores para luego multiplicar este resultado con el valor de la constante deducida de la transformación de unidades y del valor de volumen de combustible de 80 *ml* equivalente a un pulso generado por el microcontrolador auxiliar.

Luego, en los dos casos, se ejecuta la subrutina de conversión de NPF a código ASCII, se visualizan con la subrutina de visualización (escritura) en el LCD, con la ubicación del punto de coma apropiado. Finalmente se llama a la subrutina de visualización de mensajes que mostrará las unidades de consumo instantáneo.

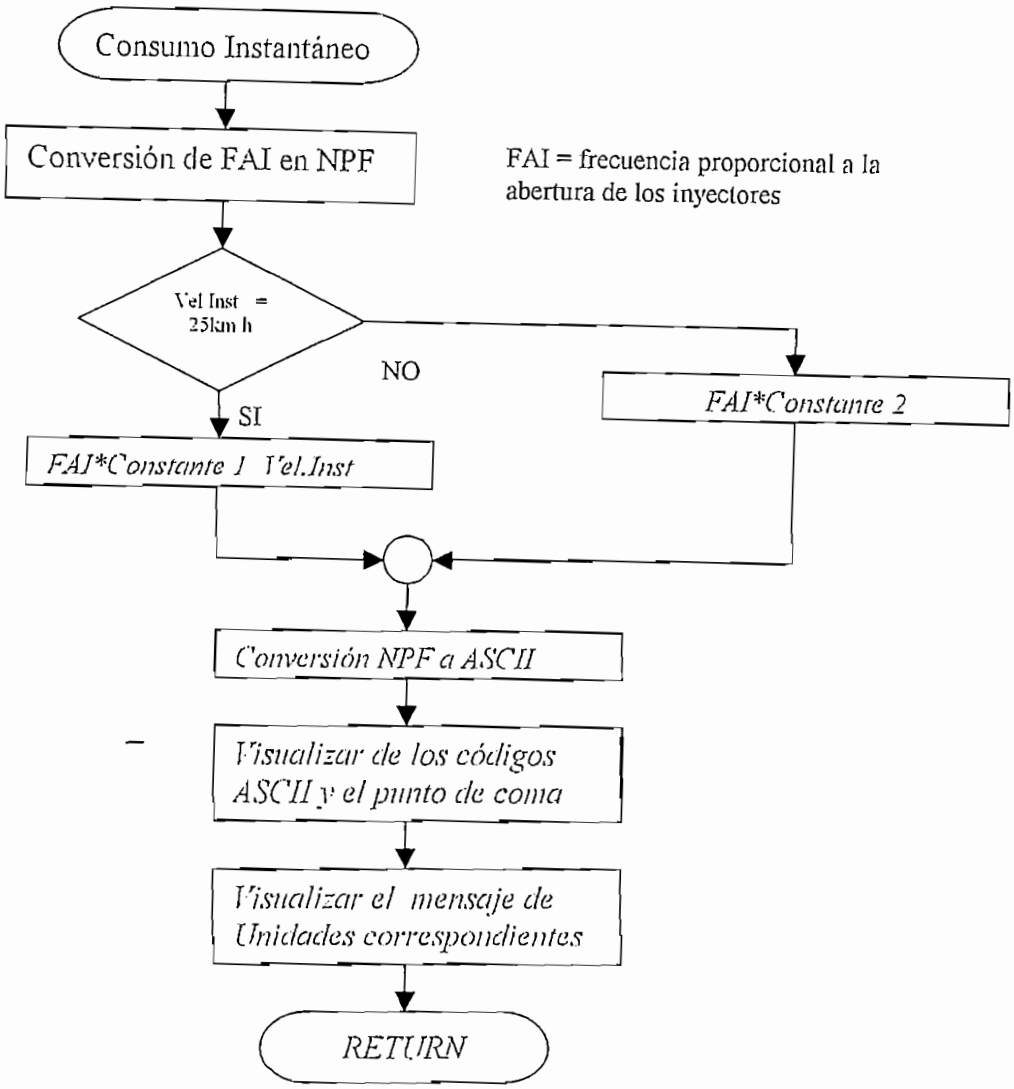


Figura 3.31 Subrutina de Cálculo de Consumo Instantáneo en [l/100Km]

3.6.2 Subrutina de Visualización del Consumo Medio en [l/100Km]

Esta subrutina únicamente realiza la visualización del valor ya calculado en la base de tiempo de un segundo. El valor de consumo medio de combustible se visualiza dependiendo del conjunto de datos que se encuentre activo (BANDERA 3,0) en ese instante, sea el conjunto de datos de trayectos largos o trayectos cortos. Se realiza primero una conversión de los registros de consumo medio del formato de número de punto flotante [NPF] a código ASCII, luego se ejecuta la rutina de visualización de códigos ASCII, configurando el número de dígitos ha visualizar y a su vez el número de dígitos decimales. Por último se llama a la rutina de visualización de mensajes para mostrar las unidades.

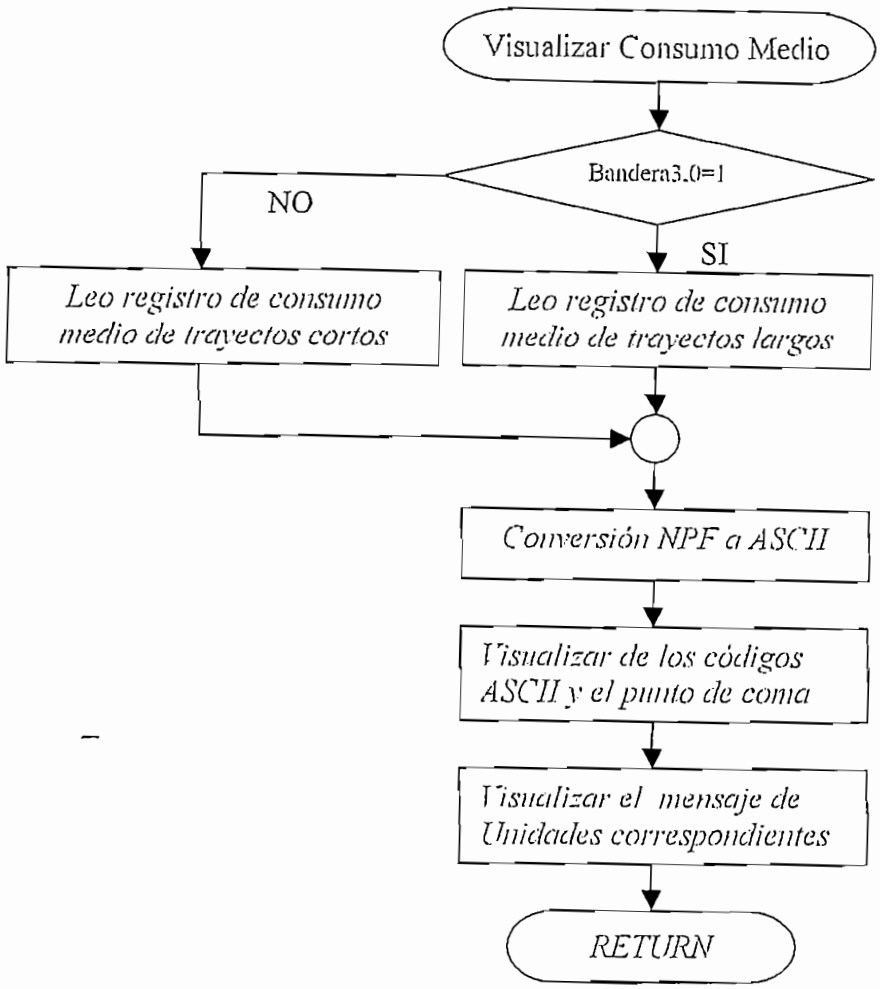


Figura 3.32 Subrutina de Visualización de Consumo Medio en [l/100Km]

En la figura 3.33 se muestra la pantalla de visualización que presenta tanto la información de consumo instantáneo y de consumo medio.

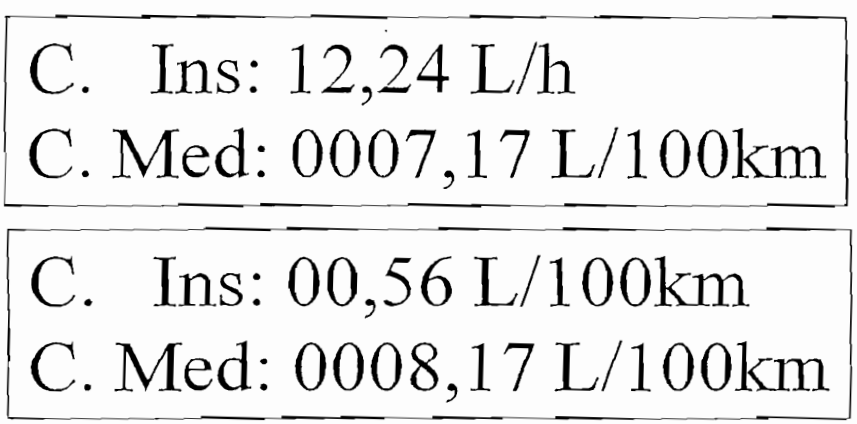


Figura 3.33 Pantalla de información de consumo instantáneo y consumo medio de combustible

3.6.3 Subrutina de Visualización de la Velocidad Instantánea en [Km/h]

Esta subrutina permite visualizar el cálculo de la velocidad marcha instantánea del automóvil a partir de la conversión de la señal de velocidad instantánea entregada por el conversor de frecuencia – voltaje, el mismo que para una variación de 0 a 180Km/h entrega una señal de voltaje que varía de 0 a +5V. Esta señal analógica se ingresa por uno de los canales multiplexados (canal 1) del conversor A/D del microcontrolador principal y luego de proceder a su conversión a un número de punto flotante [NPF] se divide para la constante de escalamiento correspondiente. Una vez calculada la velocidad instantánea se invoca a la rutina de conversión de NPF a código ASCII, y mediante las subrutinas de visualización se muestra en el LCD el valor calculado. Invocándose por último a la subrutina de mensajes para mostrar las unidades (figura 3.34).

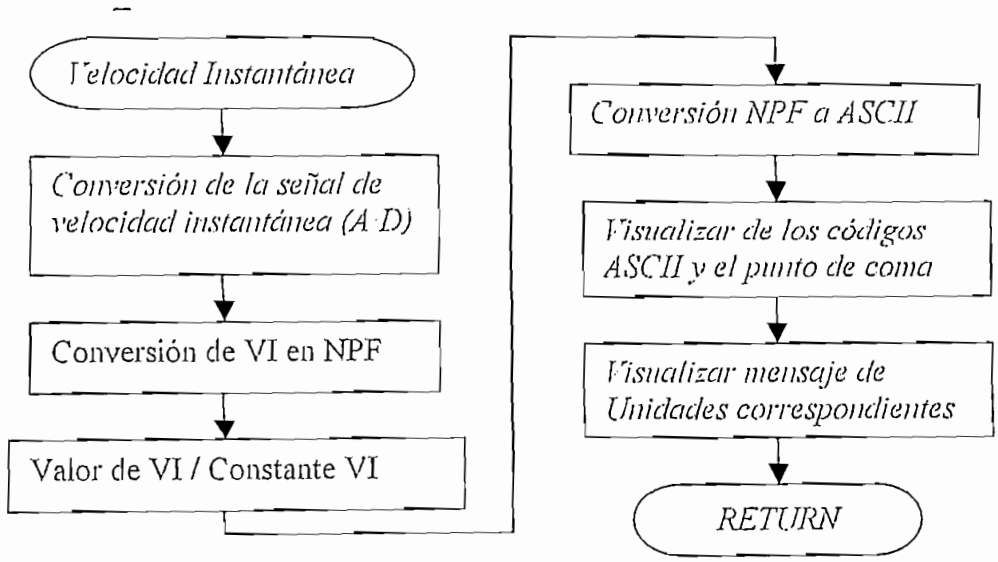


Figura 3.34 Subrutina de Visualización de Velocidad Instantánea

A continuación se muestra la pantalla de información que se despliega para mostrar la velocidad de marcha instantánea del vehículo.

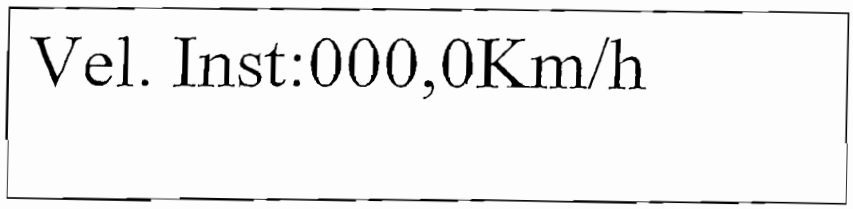


Figura 3.35 Pantalla de información de la velocidad instantánea

3.6.4 Subrutina de Visualización de la Hora y Fecha del sistema

Esta subrutina permite mostrar la hora y fecha del sistema. En primer lugar se realiza la lectura de los registros de hora y fecha del reloj en tiempo real [RTC]; dado que estos valores se encuentran en hexadecimal se realiza la correspondiente conversión a BCD y luego a código ASCII para la visualización en el LCD (figura 3.36). Así mismo, la subrutina permite mostrar los días de la semana mediante mensajes seleccionados apropiadamente.

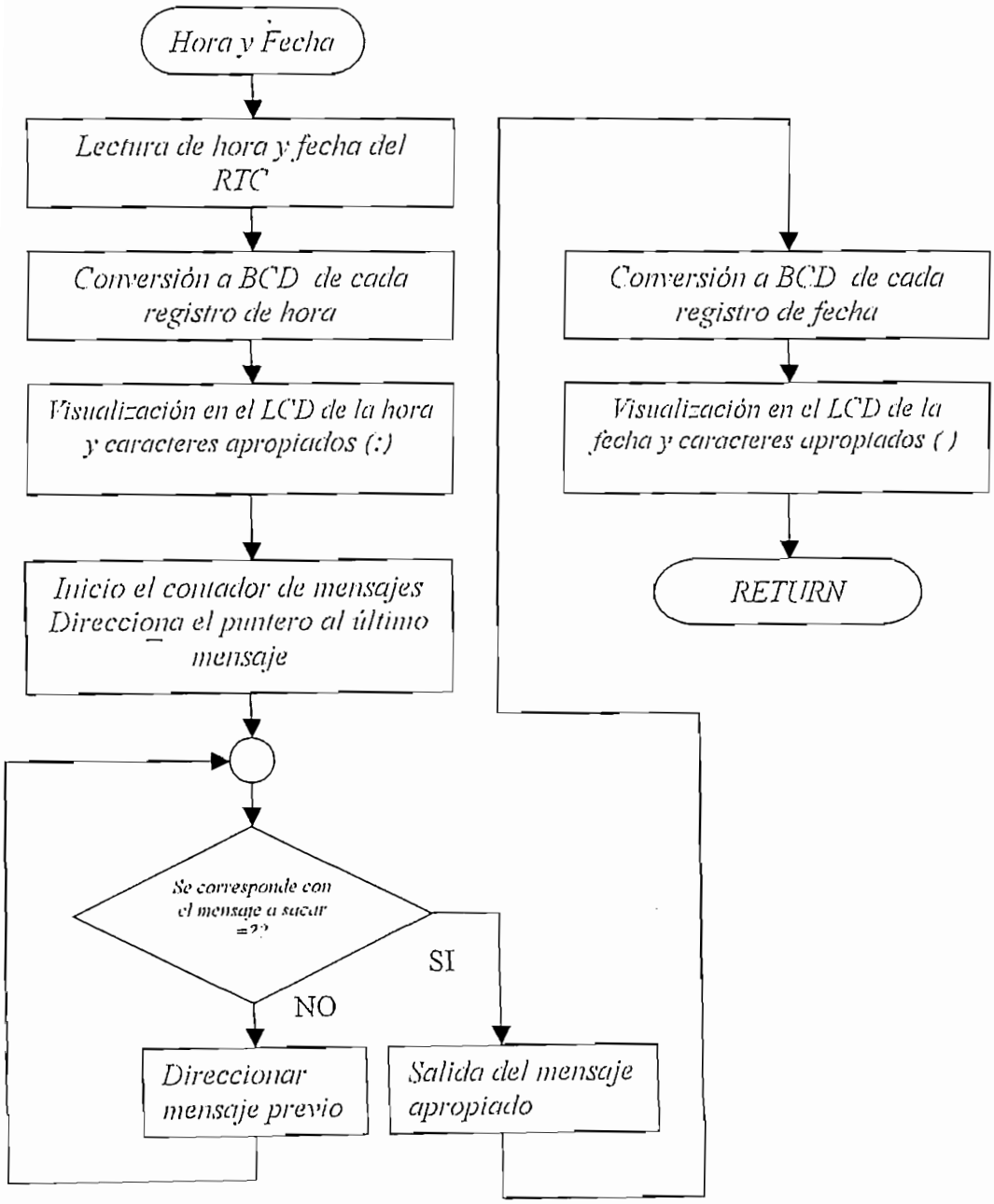


Figura 3.36 Subrutina de Visualización de la Hora y Fecha del Sistema

La pantalla de información de la hora y fecha del sistema se presenta a continuación en la figura 3.37.

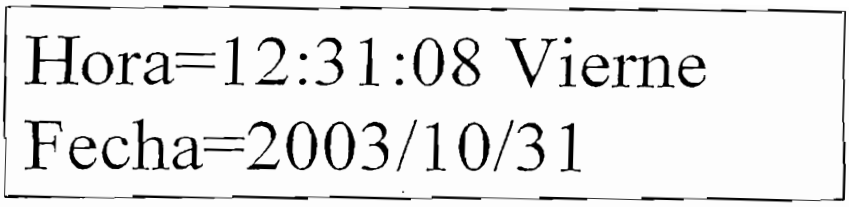


Figura 3.37 Pantalla de información con la hora y fecha del sistema

3.6.5 Subrutina de Visualización del Tiempo Transcurrido

Esta subrutina realiza la conversión a BCD y luego a código ASCII del valor calculado en la base de tiempo de un segundo generada por el Temporizador 2 (figura 3.38) para luego mostrarla en el LCD.

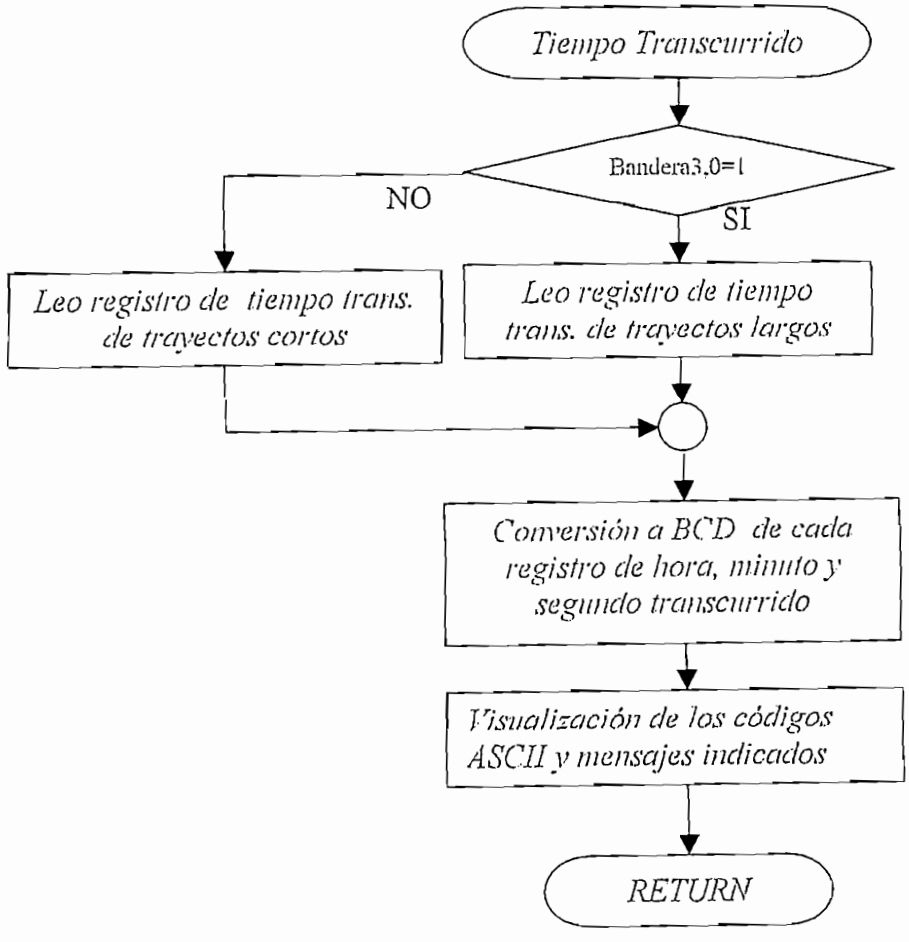


Figura 3.38 Subrutina de Visualización de Tiempo Transcurrido

3.6.6 Subrutina de Visualización de la Velocidad Media [Km/h]

Esta subrutina realiza la visualización del valor ya calculado en la base de tiempo de un segundo (figura 3.39).

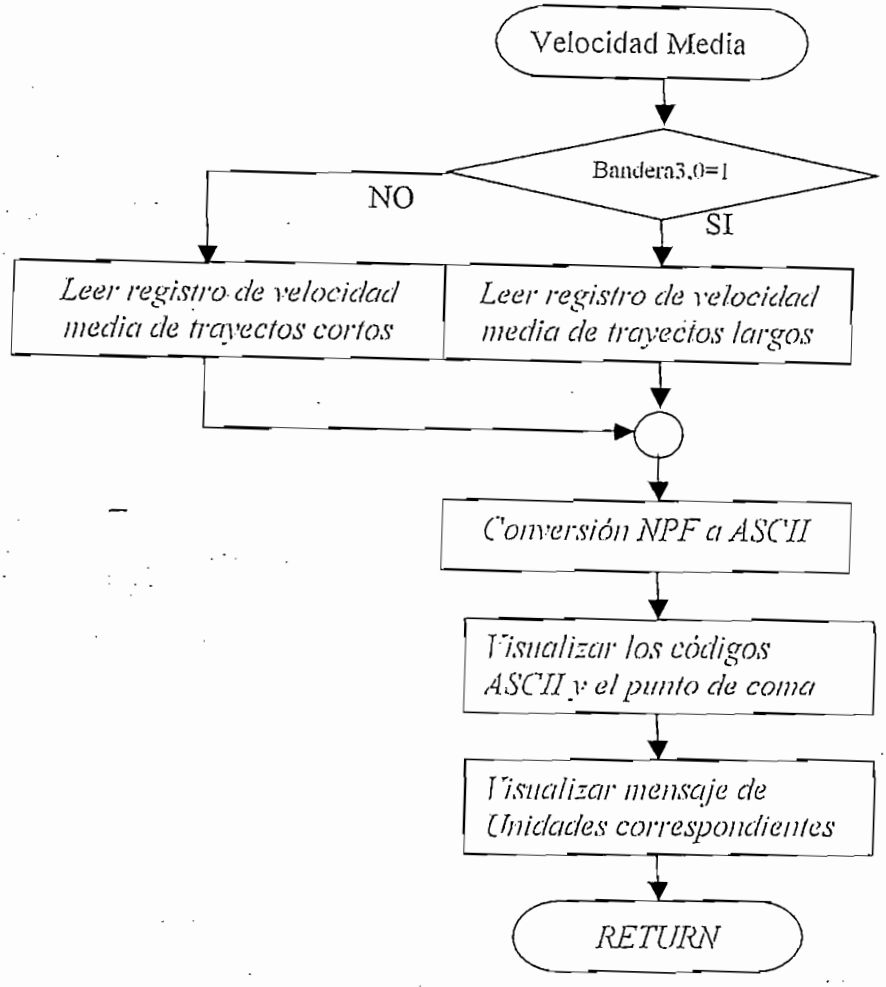


Figura 3.39 Subrutina de Visualización de Velocidad Media

A continuación se muestra la pantalla de información con el dato de tiempo transcurrido y velocidad media, que se visualiza tanto para trayectos cortos y trayectos largos

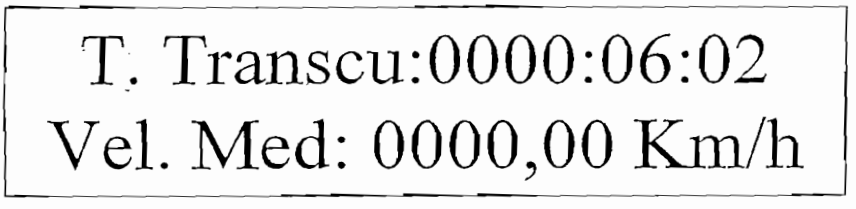


Figura 3.40 Pantalla de información del tiempo transcurrido y velocidad media

3.6.7 Subrutina de Visualización de Consumo Instantáneo en [l/h]

Esta subrutina permite realizar el cálculo del consumo instantáneo en [l/h] de acuerdo a la *Ec 3.6* realizándose primero la conversión a NPF de la frecuencia proporcional a la apertura de los inyectores [FAI] para luego multiplicar este resultado por el valor de volumen de combustible de 80 *ml* y este valor a su vez multiplicarlo por 3600 para convertir de segundos a horas. Luego se ejecuta la subrutina de conversión de NPF a código ASCII, con la recuperación de dos dígitos decimales que se visualizarán con la subrutina de visualización en el LCD. Finalmente se llama a la subrutina de visualización de mensajes que muestra las unidades de consumo instantáneo (figura 3.41).

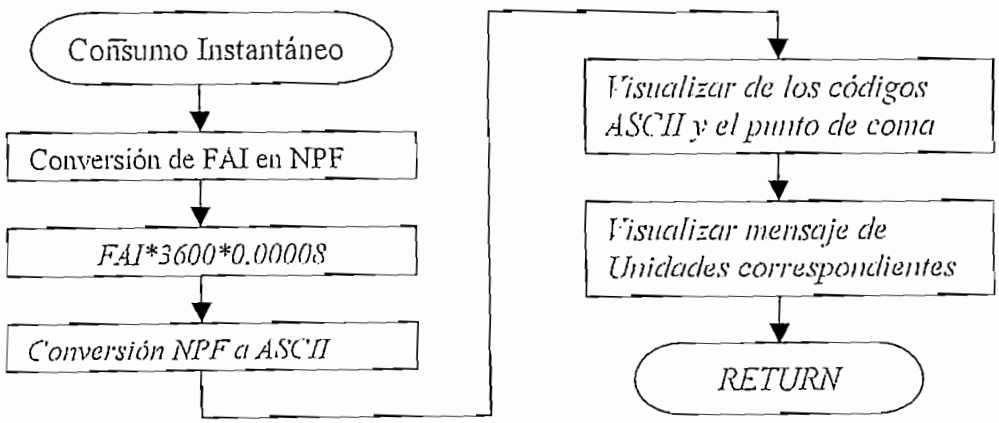


Figura 3.41 Subrutina de Cálculo de Consumo Instantáneo en [l/h]

3.6.8 Subrutina de Visualización Velocidad Máxima [Km/h]

Esta subrutina muestra el valor de velocidad máxima alcanzada por el automóvil durante el trayecto, siempre y cuando esta sea mayor a la velocidad limite configurada por defecto que se estableció en 5 km/h (Figura 3.42). El valor de velocidad no se actualizará a menos que supere la velocidad máxima alcanzada anteriormente.

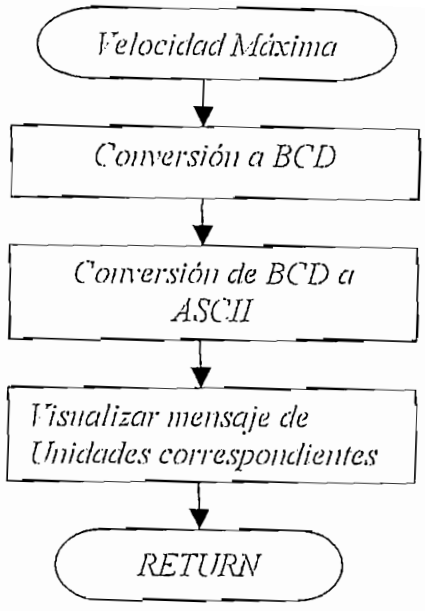


Figura 2.42 Subrutina de Visualización de Velocidad Máxima en [Km/h]

La figura 3.43 muestra la pantalla de información con los valores de consumo instantáneo y velocidad máxima.

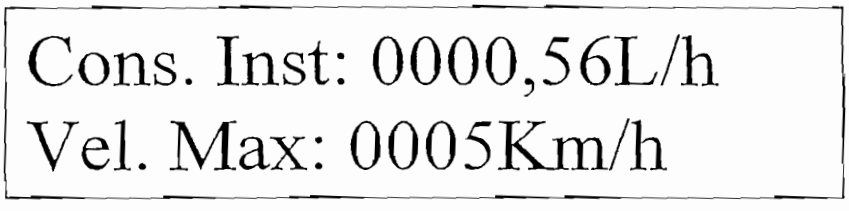


Figura 3.43 Pantalla de información del consumo instantáneo en l/h y velocidad máxima

3.6.9 Subrutina de Visualización de Combustible Consumido [litros]

Esta subrutina permite la visualización del combustible consumido que se incrementa en 0,1 litros cada vez que el microcontrolador secundario calcula que se ha consumido esta cantidad, provocando una interrupción externa en el microcontrolador primario (figura 3.44).

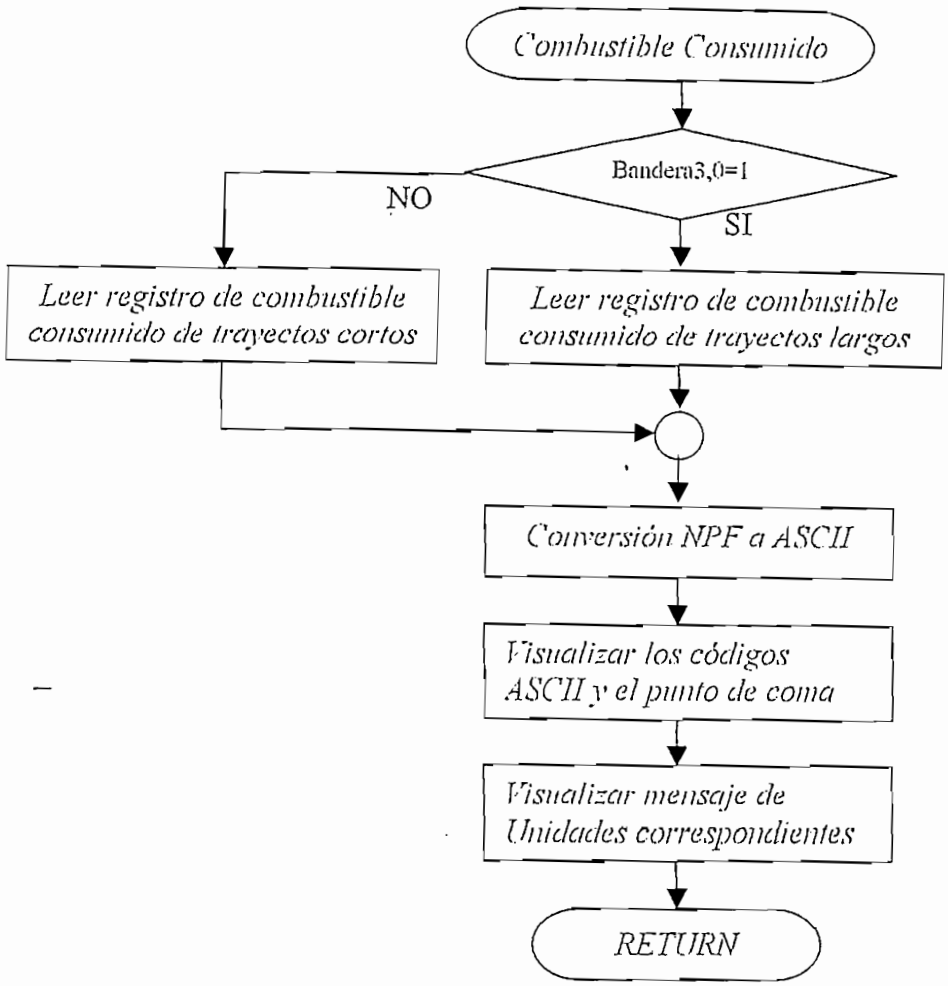


Figura 3.44 Subrutina de Combustible Consumido en [Litros]

3.6.10 Subrutina de Visualización de Distancia Recorrida [Km]

Esta subrutina permite la visualización del valor acumulado de distancia recorrida, realizando la conversión propia de NPF a ASCII y el posicionamiento del punto de coma en el lugar adecuado ya que el incremento de distancia se ejecuta en metros (figura 3.45).

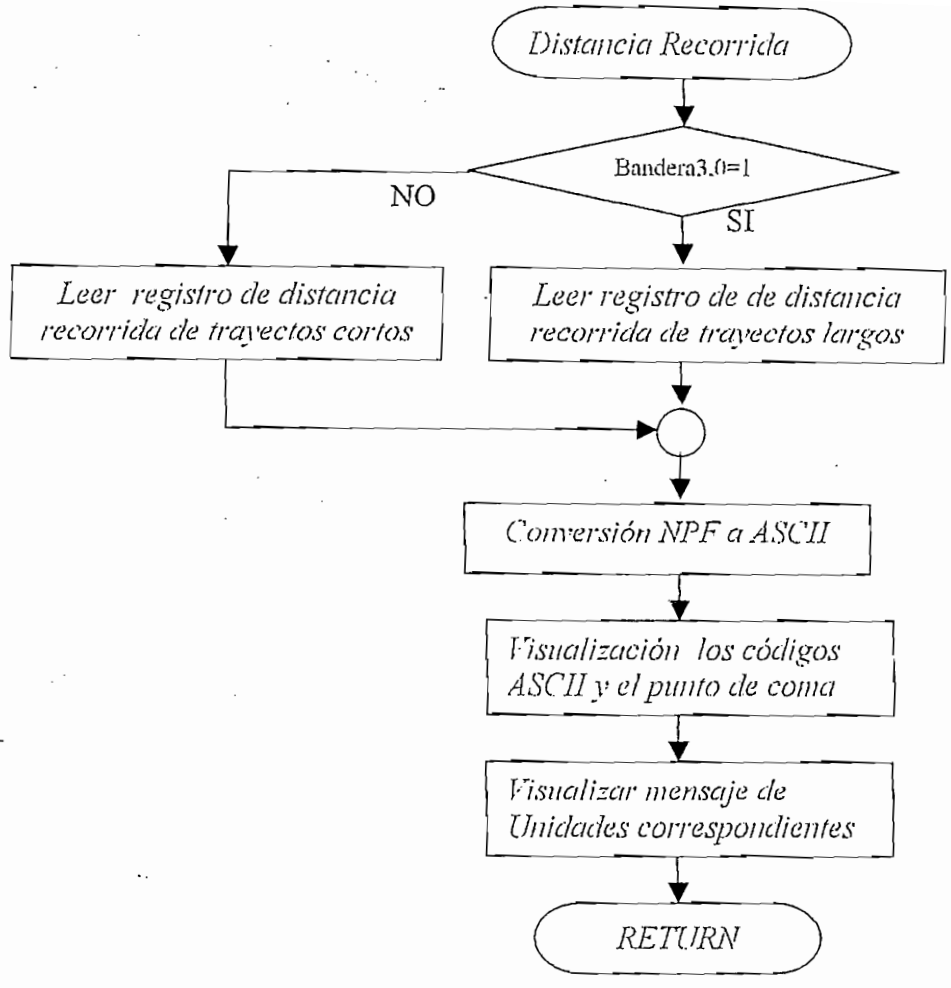


Figura 3.45 Subrutina de Visualización de Distancia Recorrida en [Km]

En la figura 3.46 se muestra la pantalla de información que se despliega para visualizar la distancia recorrida y combustible consumido tanto para trayectos largos y cortos.

Cons. Comb:003,8Ltr
Dist. Rec:00065,1Km

Figura 3.46 Pantalla de información del combustible consumido y distancia recorrida

3.6.11 Subrutina de Combustible Restante [litros]

Esta subrutina requiere la lectura de valores de una tabla construida a partir de la medición de voltaje para un volumen dado de combustible en el depósito. Se realiza la conversión de la señal obtenida del aforador de combustible y acondicionada a un rango de voltaje entre 0 y 1,25V con la cual se realiza la exploración en los 255 valores de la tabla, se los convierte a ASCII, y se los muestra (Figura 3.47)

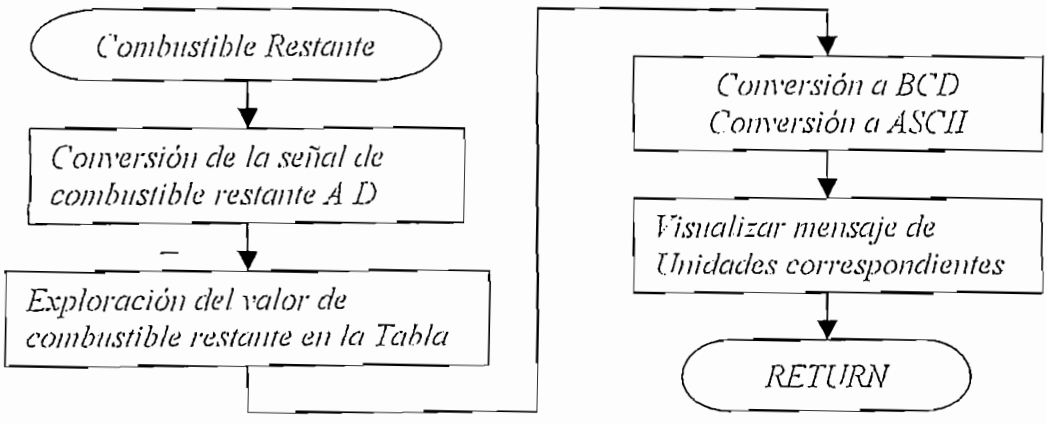


Figura 3.47 Subrutina de Combustible Restante en [Litros]

3.6.12 Subrutina de Autonomía en [Km]

Para el cálculo en esta subrutina primero se realiza la lectura de combustible restante [CR] convirtiendo este valor a NPF, se multiplica por un factor deducido de 0,1 y por último se realiza una división para el valor de consumo medio [CM] calculado cada segundo de acuerdo a la ecuación *Ec.3.17.* Se realiza posteriormente la conversión a código ASCII y correspondiente visualización del valor de autonomía calculado y de las unidades (figura 3.48).

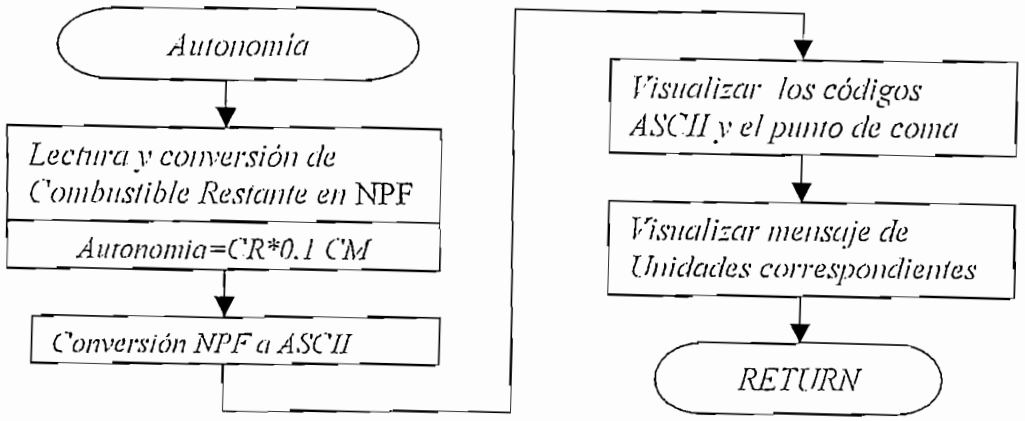


Figura 3.48 Subrutina de Cálculo Autonomía en [Km]

En la figura 3.49 se muestra el valor de combustible restante y el valor de autonomía (radio de acción) que indica cuantos kilómetros puede recorrer cuando se tiene un tanque de combustible cargado con 25 litros conduciendo de la misma forma que hasta ese instante. Si el consumo medio es 7.65 l/100km se puede recorrer aproximadamente 326 Kilómetros con 25 litros

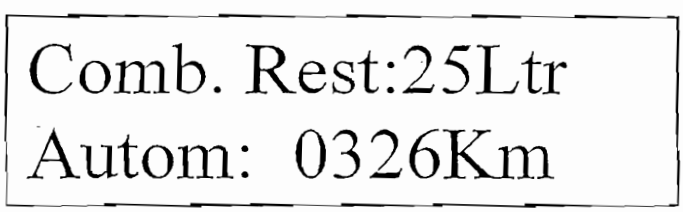


Figura 3.49 Pantalla de información de combustible restante y autonomía previsible

3.6.13 Subrutina de Distancia por Recorrer [Km]

Para el cálculo de la distancia que falta por recorrer, se toma en cuenta el dato de distancia a recorrer que se fija en el modo de configuración inicial, y se calcula de acuerdo a la *Ec 3.18*. Se realiza una operación de resta entre la distancia a recorrer y la distancia recorrida evaluada para trayectos cortos (figura 3.50).

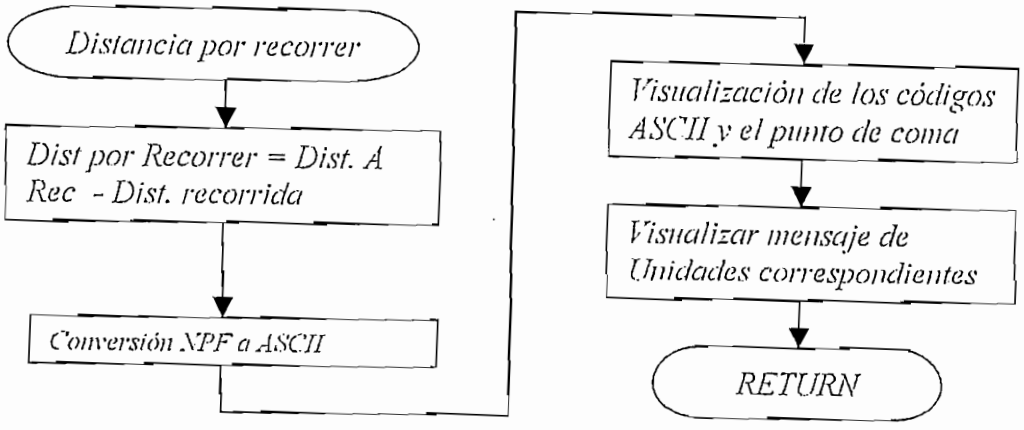


Figura 3.50 Subrutina de Cálculo de Distancia por Recorrer en [Km]

3.5.14 Subrutina de Tiempo de Llegada

Esta subrutina calcula de acuerdo a la *Ec. 3.16*, ejecutándose la división entre distancia por recorrer y velocidad media, para luego realizar la deducción de horas y minutos para su posterior visualización (figura 3.51).

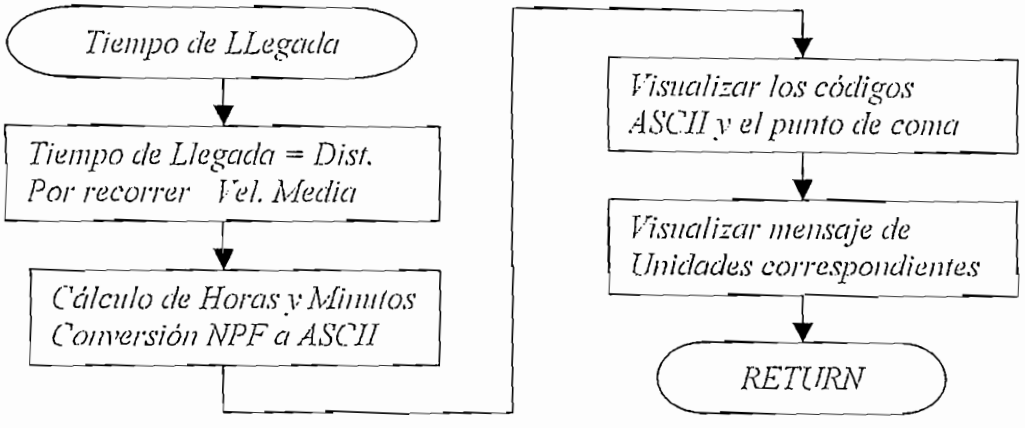


Figura 3. 51 Subrutina de Cálculo de Tiempo de Llegada en [Horas, Minutos]

En la figura 3.52 se muestra la pantalla de información con el valor de la distancia que falta por recorrer y el valor de tiempo de llegada calculado a partir de la velocidad media calculada hasta ese instante.

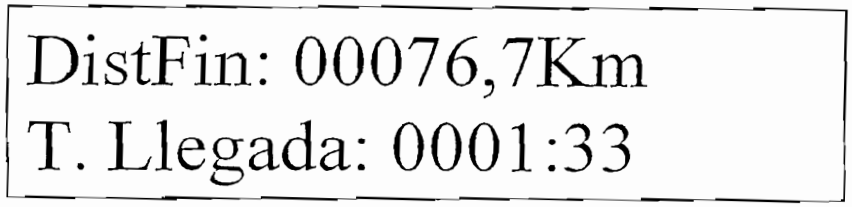


Figura 3.52 Pantalla de visualización de la distancia por recorrer y tiempo de llegada previsible

3.5.15 Subrutina de Temperatura del Motor [°C]

Al igual que la subrutina de combustible consumido, esta subrutina realiza la exploración del dato de temperatura del motor de una tabla construida a partir de datos de tensión - temperaturas medidas en las pruebas realizadas (figura 3.53).

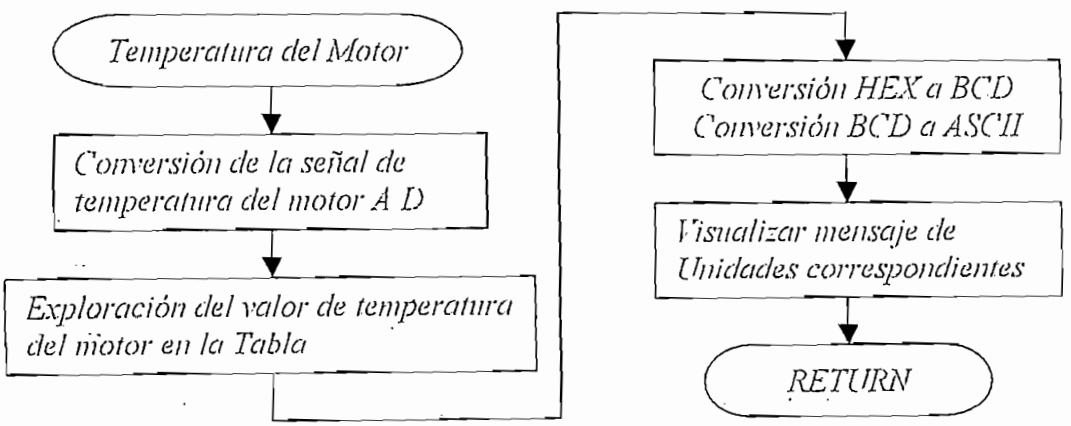


Figura 3.53 Subrutina de Temperatura del Motor en [°C]

3.6.16 Subrutina de Temperatura Interna [°C]

Esta subrutina realiza el escalamiento de la señal de temperatura interior para obtener una variación entre 0 a 100 °C. (Figura 3.54)

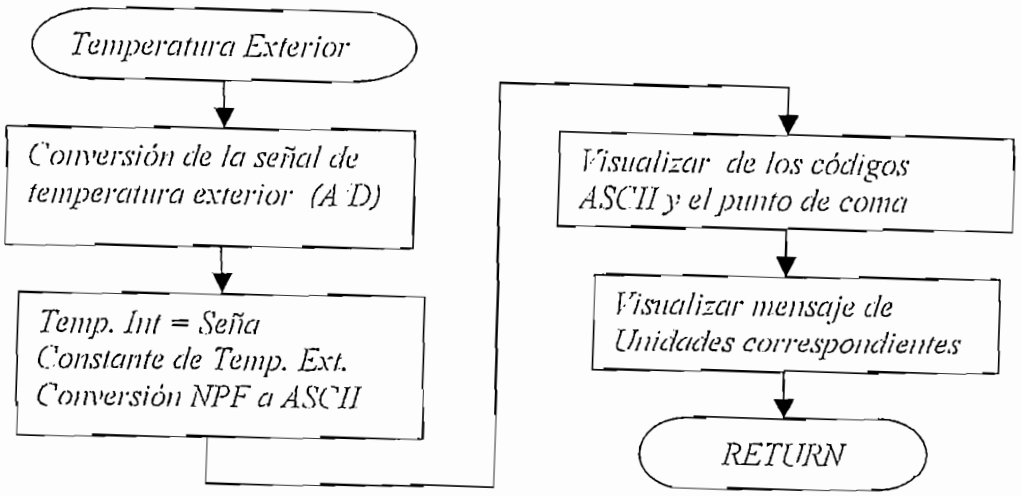


Figura 3.54 Subrutina de Temperatura Interna en [° C]

La pantalla de información presentada a continuación muestra el valor de la temperatura del líquido refrigerante del motor como también la temperatura interna del vehículo

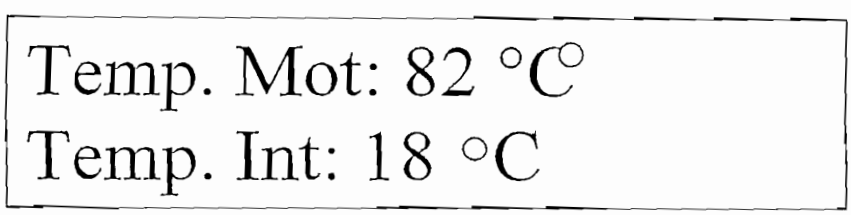


Figura 3.55 Pantalla de visualización de la temperatura del liquido refrigerante del motor y la temperatura interna del vehículo

3.7 INTERFAZ VISUAL DEL SISTEMA DEL INFORMACIÓN (PC)

La popularidad que tiene el sistema operativo Windows en las computadoras personales, ha creado la necesidad de desarrollar en ese entorno los controladores o las interfaces visuales [IV] para comunicarse y controlar dispositivos externos conectados a los puertos de la PC. Dentro de este tipo de lenguajes se tomó la opción del Visual Basic ya que tiene una Interfaz de diseño

100 % compatible con este ambiente; se tiene acceso directo a los programas de aplicaciones comunes del ambiente Windows y la información de este lenguaje es fácil de obtener.

Con VB se desarrollo la interfaz visual para comunicarse con el SIA y poder leer y borrar la memoria NVRAM del mismo.

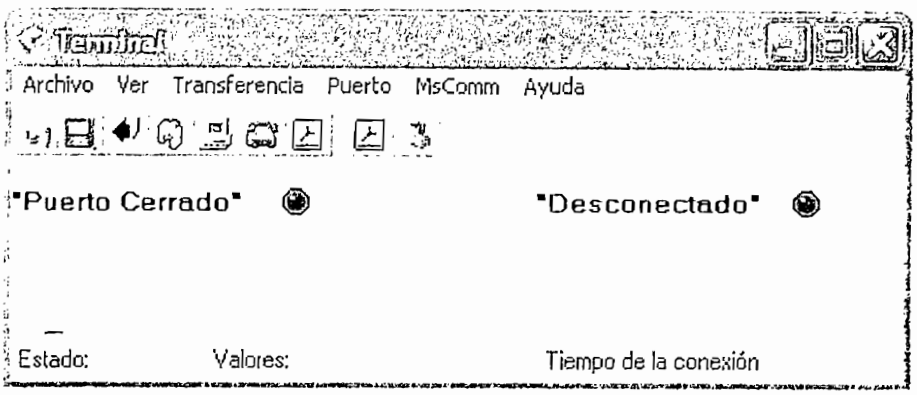


Figura 3.56 Interfaz Visual de SIA

La interfaz visual del SIA mostrada en la Fig. 3.56 realiza las funciones necesarias para la aplicación, siendo éstos:

- Por el puerto serie se recibe los registros de distancia recorrida, combustible consumido, hora y fecha, tiempo transcurrido, consumo medio (rendimiento) y velocidad media.

- Área de trabajo para almacenar los datos descargados desde la memoria NVRAM del sistema y posibilidad de visualizarlos en dos formas: la primera que muestra los datos tal cual como se reciben del SIA, y la segunda de visualizarlos en un formato ordenado que clasifica los datos recibidos de SIA (figura 3.57a y figura 3.57b). Grabar los datos recibidos en un archivo de texto que se puede abrir con Excel para graficarlos y realizar el análisis del comportamiento del consumo medio de combustible y de variables adicionales.

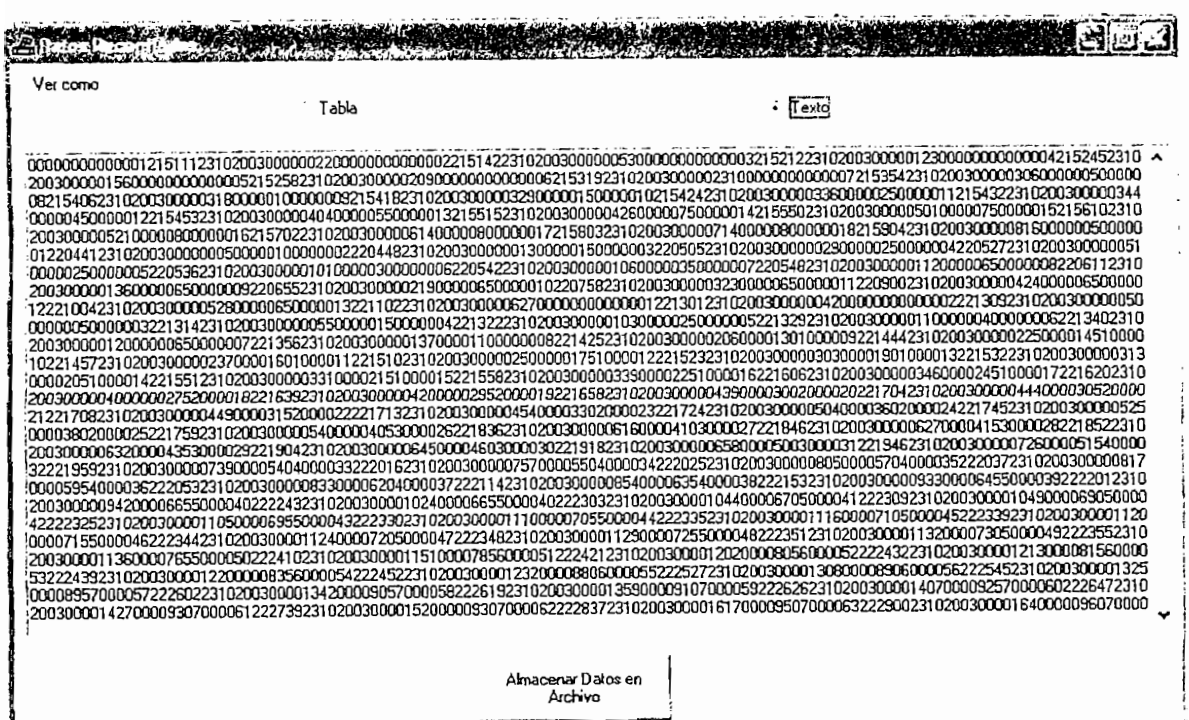
- Envío por el puerto serie de los parámetros de calibración de SIA tal como la constante W del automóvil, y la constante de escalamiento de la velocidad instantánea (Figura 3.58).

- Establecer la conexión, pasando el SIA del modo "on-line" al modo "ready for commands" y el PC del estado de desconectado al de conectado, indicándose mediante un led que pasa del color rojo al color verde correspondientemente.

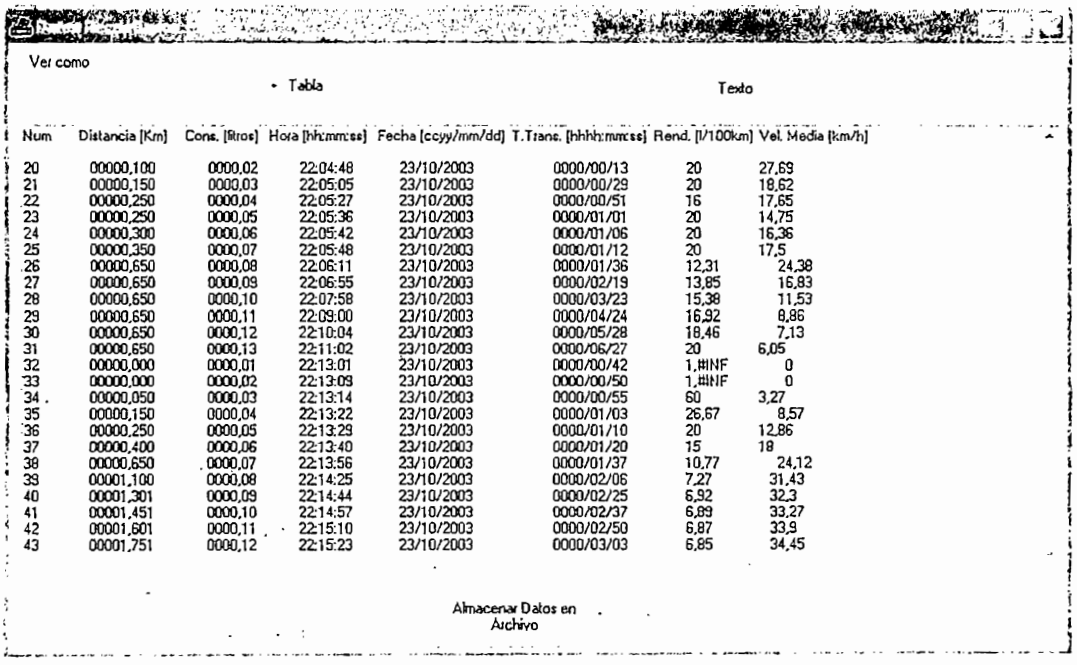
- Permitir la configuración de los parámetros del puerto serial que se desarrollaron en base a aplicaciones de visual basic ya desarrolladas.

- Abrir, guardar y cerrar archivos de texto con los datos descargados desde el **SIA**. Esta opción sirve como consulta y verificación de datos previamente almacenados.

- Adicionalmente hay un archivo de ayuda accesible en el menú del programa o con la tecla F1, en la cual se detalla el manual de usuario.



3.57 a) Datos en el orden de llegada



Ver como

• Tabla Texto

Num	Distancia [Km]	Cons. [litros]	Hora [hh:mm:ss]	Fecha [ccyy/mm/dd]	T.Trans. [hhhh:mm:ss]	Rend. [l/100km]	Vel. Media [km/h]
20	00000,100	0000,02	22:04:48	23/10/2003	0000/00/13	20	27,69
21	00000,150	0000,03	22:05:05	23/10/2003	0000/00/29	20	18,62
22	00000,250	0000,04	22:05:27	23/10/2003	0000/00/51	16	17,65
23	00000,250	0000,05	22:05:36	23/10/2003	0000/01/01	20	14,75
24	00000,300	0000,06	22:05:42	23/10/2003	0000/01/06	20	16,36
25	00000,350	0000,07	22:05:48	23/10/2003	0000/01/12	20	17,5
26	00000,650	0000,08	22:06:11	23/10/2003	0000/01/36	12,31	24,38
27	00000,650	0000,09	22:06:55	23/10/2003	0000/02/19	13,85	16,83
28	00000,650	0000,10	22:07:58	23/10/2003	0000/03/23	15,38	11,53
29	00000,650	0000,11	22:09:00	23/10/2003	0000/04/24	16,92	8,86
30	00000,650	0000,12	22:10:04	23/10/2003	0000/05/28	18,46	7,13
31	00000,650	0000,13	22:11:02	23/10/2003	0000/06/27	20	6,05
32	00000,000	0000,01	22:13:01	23/10/2003	0000/00/42	1,#INF	0
33	00000,000	0000,02	22:13:09	23/10/2003	0000/00/50	1,#INF	0
34	00000,050	0000,03	22:13:14	23/10/2003	0000/00/55	60	3,27
35	00000,150	0000,04	22:13:22	23/10/2003	0000/01/03	26,67	8,57
36	00000,250	0000,05	22:13:29	23/10/2003	0000/01/10	20	12,86
37	00000,400	0000,06	22:13:40	23/10/2003	0000/01/20	15	18
38	00000,650	0000,07	22:13:56	23/10/2003	0000/01/37	10,77	24,12
39	00001,100	0000,08	22:14:25	23/10/2003	0000/02/06	7,27	31,43
40	00001,301	0000,09	22:14:44	23/10/2003	0000/02/25	6,92	32,3
41	00001,451	0000,10	22:14:57	23/10/2003	0000/02/37	6,89	33,27
42	00001,601	0000,11	22:15:10	23/10/2003	0000/02/50	6,87	33,9
43	00001,751	0000,12	22:15:23	23/10/2003	0000/03/03	6,85	34,45

Almacenar Datos en Archivo

3.57 b) Datos ordenados

Figura 3.58 Forma de Visualizar los Datos Recopilados de SIA (a) en el orden de llegada de los datos en la comunicación serial (b) de forma ordenada

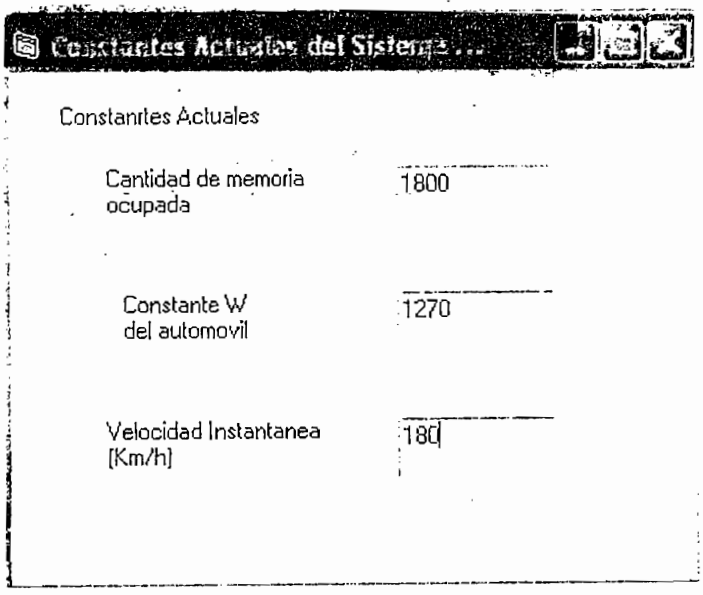


Figura 3.58 Ventana de Parámetros de Calibración de SIA

3.7.1 MANEJO DE ARCHIVOS

Un archivo es una colección de información que se guarda bajo un mismo nombre, para esta aplicación es una forma sencilla de almacenar los registros leídos del **SIA.**

Existe el control *Common Dialog*, con ésta opción se invoca a la ventana de dialogo común que aparece en la opción *Archivo* de la mayoría de las aplicaciones que se ejecutan bajo el ambiente Windows. En la interfaz visual de la Figura. 3.56 se observa la barra de menús mostrando la forma de acceder a las opciones *Abrir* y *Guardar*, ambas utilizan el control *Common Dialog* para acceder a las unidades y directorios del *Sistema.* Las ventanas que se generan, al ser invocadas estas opciones se muestran en las Figuras 3.59 y 3.60.

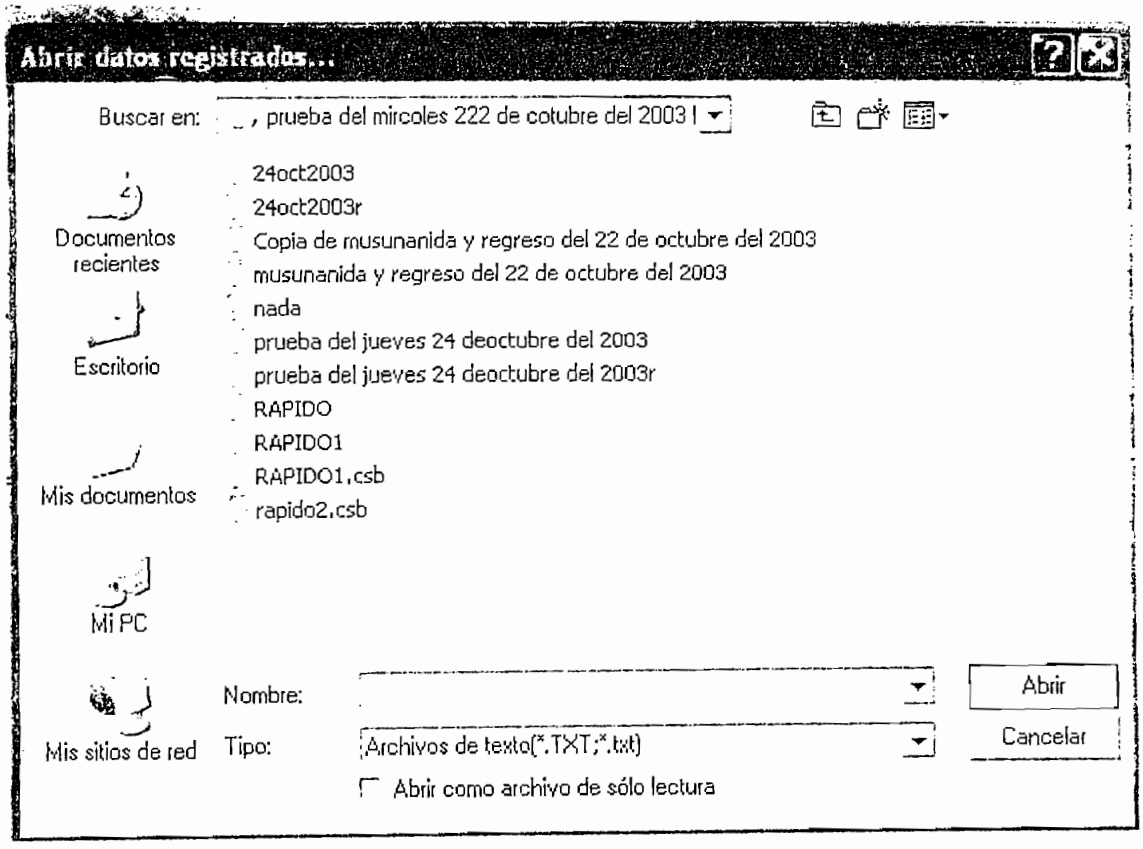


Figura 3.59 Ventana de dialogo común generada por el menú Abrir de la interfaz visual de SIA.

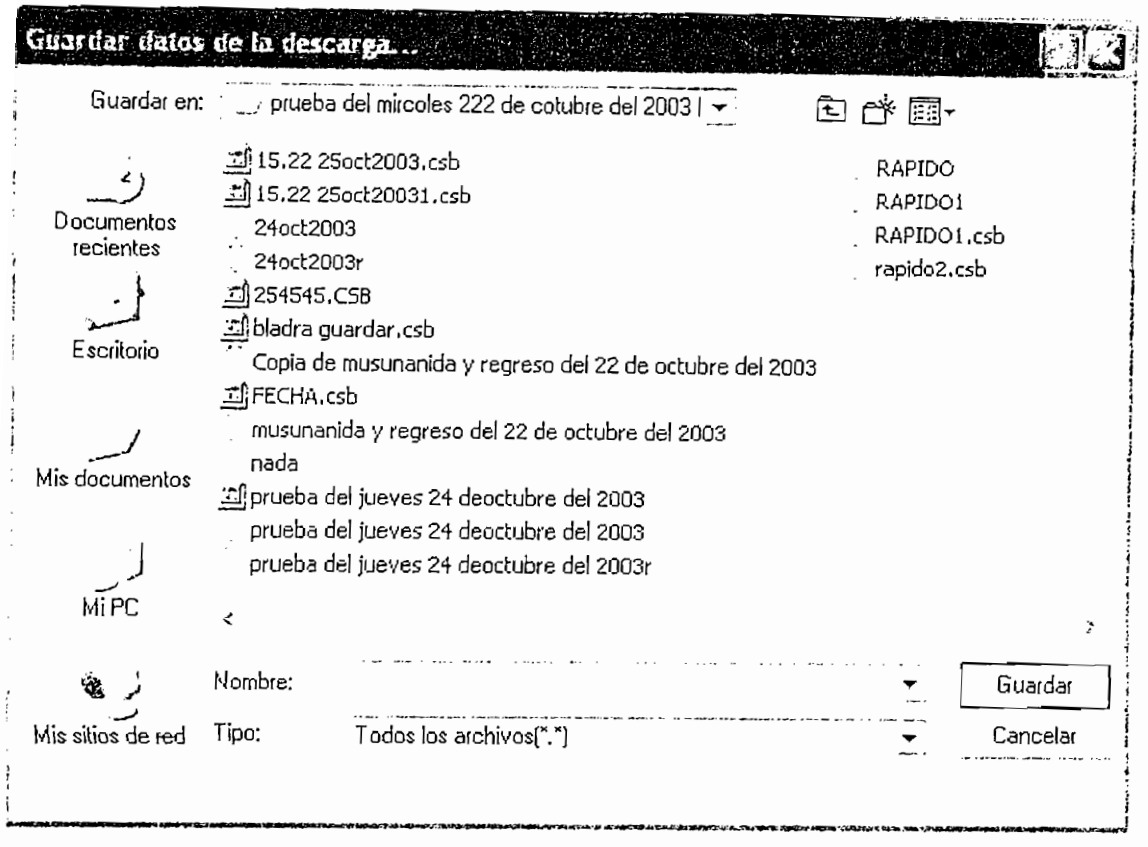


Figura 3.60 Ventana de dialogo para guardar en el sistema el archivo generado por la interfaz

Además VB incluye entre sus controles a uno denominado Mscomm32.ocx que es un control para las comunicaciones asíncronas. Este control funciona junto con un conjunto de comandos de comunicación para proporcionar una interfaz completa RS232C. Permite entre otras opciones:

- Conectar la interfaz visual con el SIA por medio del puerto serie,
- Enviar o recibir datos entre ellos mediante la programación,
- Controlar y subsanar los posibles errores de la comunicación.

En la figura 3.61 se muestra el formulario de la interfaz visual en tiempo de diseño; se observan los controles *Mscomm*, los temporizadores y las ventanas de dialogo común que no son visibles en tiempo de ejecución.

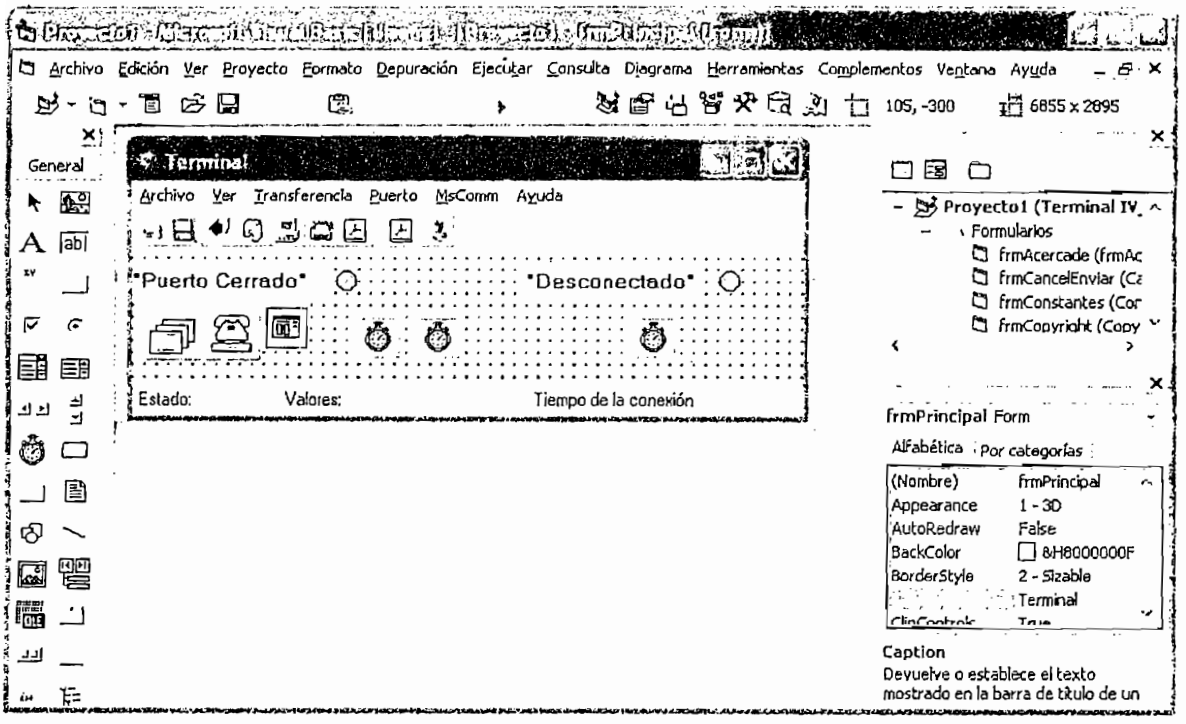


Figura 3.61 Formulario de la interfaz visual en tiempo de programación, mostrando los controles Mscomm, Common Dialog y Timers

Windows utiliza un controlador de comunicaciones, *Comm.drv*, para enviar y recibir datos mediante las funciones estándar de la API de Windows, es decir, cuando la interfaz visual utiliza el control de comunicaciones, está ejecutando las funciones de la API que interpreta el controlador *Comm.drv* y transfiere / recibe la cadena de bits de/desde el *sistema de información.*

3.7.2 CONEXIÓN CON EL PUERTO SERIE

Después de haber colocado el control de comunicaciones en el formulario de la interfaz visual se deben configurar las siguientes propiedades para establecer la conexión con el puerto serie:

- *CommPort*: Establece y devuelve el número del puerto de comunicaciones utilizado. Este valor puede ser cualquiera entre 1 y 16, devuelve un error (68) si no tiene asignado algún puerto cuando se invoca.
- *Settigs*: Establece y devuelve la velocidad en baudios de la comunicación, paridad, los bits de parada. La cadena es de la forma: *BBBB, P, D, S.*

- *PortOpen*: Establece y devuelve el estado del puerto; también se utiliza para abrirlo y cerrarlo por medio de variables lógicas, *true / false.* No se encuentra disponible en tiempo de diseño.
- *HandShaking*: Devuelve y establece el protocolo de conexión con el hardware.
- *Input*: Devuelve y elimina caracteres del búffer de entrada. No se encuentra disponible en tiempo de diseño y es únicamente de lectura en ejecución.
- *Ouput*: Escribe una cadena en el búffer de salida. No está disponible en tiempo de ejecución.

En la interfaz visual desarrollada para el SIA, se especifica el número de puerto, las características de la comunicación, se activa para su operación y se especifica el tipo de datos que se manejarán; ASCII o binarios. En la Figura 3.62 se muestra el diagrama de este procedimiento.

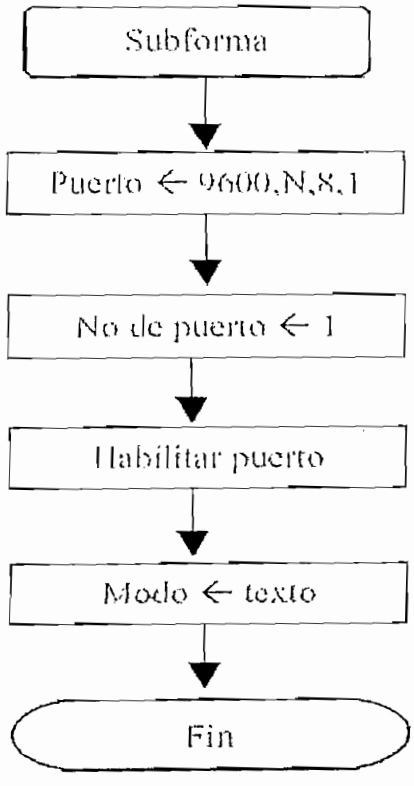


Figura 3.62 Diagrama a bloque para la comunicación serie **RS232C**

Para realizar una comunicación confiable, se utiliza un protocolo de conexión detallado a continuación

3.7.3 PROTOCOLO DE CONEXIÓN

Para vincular "lógicamente" el sistema de información para automóvil SIA con la PC, se desarrolló un protocolo de comunicaciones basado en la implementación de *comandos*. La PC le envía una serie de bytes al sistema para indicarle las tareas a realizar "en la rutina de comunicación serial". El sistema a su vez responde con determinados bytes de control para informarle a la PC sobre la correcta finalización de la recepción de los datos. El protocolo es del tipo *stop and listen* (para y escucha), esto es, la PC le envía datos al sistema y luego se detiene a escuchar la respuesta. De esta forma se asegura el flujo correcto de la información entre ambos dispositivos.

Funcionamiento: El sistema puede encontrarse en tres estados distintos, la Tabla 3.3 explica cada unos de ellos:

Estado	**Descripción**	**Como se accede**	**Como se Abandona**
Off-line	Funciones de medición y adquisición normal del consumo y distancia recorrida	Encendiendo el sistema	Apagando el sistema
On-line	Sistema vinculado con la PC pero aún "desconectado".El sistema no responde a ningún botón.	Enchufando el conector del PC al sistema o "desconectando" el sistema a través de un comando con la PC.	Desenchufando el conector del PC o ejecutando la función "conectar" en la PC para ir a *ready for commands.*
Ready for	El sistema está	Estando On-line y	Saliendo del

commands	conectado con la PC y listo para recibir comandos.	ejecutando la opción "Conectar" en la PC	programa de la PC.

Tabla 3.3 Estados Operativos del Sistema de Información para Automóvil SIA.

Para pasar de ***"on-line"*** a ***"ready for commands"*** es necesaria una señal de ***handshake*** entre la PC y el sistema. La Tabla 3.3 explica el procedimiento. A través de esto, la PC adquiere todos los datos, como la constante del auto (W) y las constantes de escalamiento de velocidad instantánea y el total de memoria ocupada.

Figura 3.63 Pantalla de información mostrada por el sistema de información en el modo "*on-line*"

La capacidad de la memoria ocupada se envía utilizando dos bytes. Se transmite el byte MSB primero y luego su byte LSB, que al igual que todos los datos, a excepción de los comandos se convierten a código ASCII antes de transmitir desde o hacia el computador.

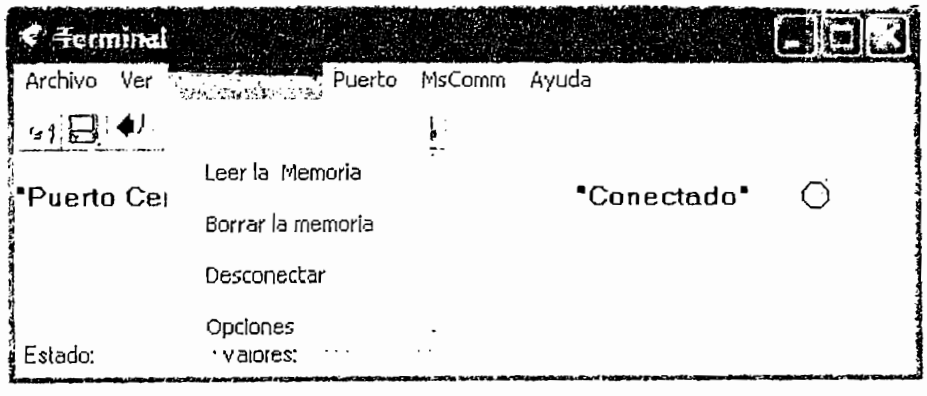
PC	**COMANDO**	**SISTEMA**
Inicia la conexión	>>> STX >>>	en modo ***"on-line"***
"conectado"	<<< ack <<<	responde (ack)
Espera memory	<< (size) <<<	envía el tamaño de la memoria
size	2 bytes	ocupada
Si todo Ok	>>> ack >>>	si no recibe ack vuelve al inicio
	<<< 2 bytes <<<	si recibe el ack envía la constante K

Si todo Ok	>>> ack >>>	si no recibe ack vuelve al inicio
	<<< 2 bytes <<<	si recibe el ack envía la constante de velocidad instantánea
Si todo Ok	>>> ack >>>	si no recibe ack vuelve al inicio
		ready for commands

Tabla 3.4 Protocolo del primer intercambio de datos entre la PC y el equipo.

Una vez establecida la conexión el sistema habilita las opciones de lectura y borrado de la memoria como también las opciones de calibración del sistema SIA desde la PC.

Se indica las siguientes pantallas en el SIA y la interfaz del computador



(a)

(b)

Figura 3.64 (a) Interfaz de comunicación en el modo "*ready for commands*" (conectado) (b) Pantalla de información mostrada por el sistema de información en el modo "*ready for commands*"

3.7.3.1 Comandos

Una vez que el sistema está conectado y ***ready for commands***, la PC puede comenzar a enviar instrucciones para realizar distintas operaciones sobre la memoria.

Sintaxis: <comando>

Los comandos implementados son los siguientes:

Nombre	Descripción	Comando
Leer el contenido de la memoria NVRAM	El sistema le envía al PC los datos de la memoria aun si no está completamente llena	$41h 'A'
Borrar los 8K de memoria NVRAM	Borra los 8 k de memoria NVRAM (pone todos sus bytes a 0xFF)	$42h 'B'
Escribir parámetro de calibración Constante W y de escalamiento de Velocidad Instantánea	Escribe en los 114bytes de usuario NVRAM	$43h 'C', $44h 'D'
Desconectar	Lleva el sistema al estado "on-line" (abandona el estado "ready for commands")	$47h 'F'

Tabla 3.5 Comandos implementados para la conexión con la PC.

Una vez que el SIA recibe un byte analiza si se trata de un comando válido. De ser así le reenvía el mismo byte a la PC, de lo contrario devuelve el carácter NACK ($15h) y muestra un mensaje apropiado.

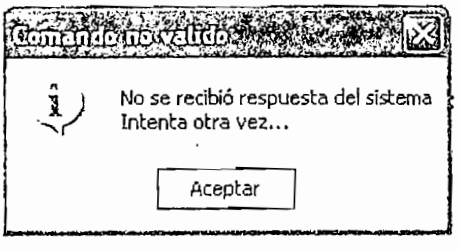


Figura 3.65 Mensaje que no se recibió respuesta alguna

3.7.3.1.1 Comando *Leer Memoria:*

Descripción: Lee la memoria NVRAM con los datos registrados hasta ese instante.

Sintaxis **<$41h>** **(A)**

Protocolo

PC		**SISTEMA**
Envía el comando	**>>> <$41h> >>>**	**READY FOR COMMANDS**
	<<< **<$41h>** <<<	si es un comando válido
Abandona	<<< **<nack>** <<<	si no lo entendió
	<<<byte<<	Envía byte por byte los 8192 datos
Byte ok?	>>> <ack> >>>	Envía el próximo paquete
Byte malo?	>>> <nack> >>>	Abandona

–Tabla 3.6 Protocolo de lectura de la memoria NVRAM

Mientras el SIA se encuentra enviando datos desde la memoria se mantiene visualizado el siguiente mensaje:

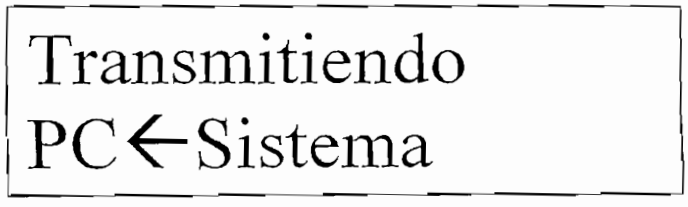
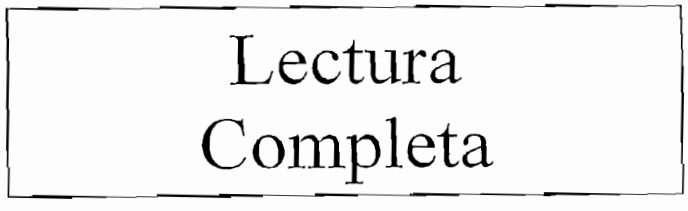


Figura 3.66 Mensaje que SIA despliega mientras envía los datos registrados al PC

Al terminar la lectura de los datos registrados en la memoria se visualizan los siguientes mensajes:



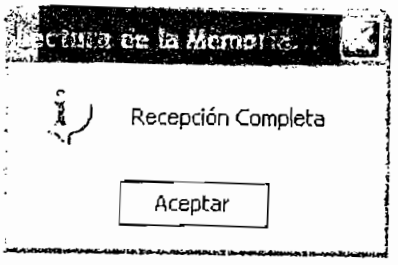


Figura 3.67 Mensajes mostrados al final de la lectura de la memoria

3.7.3.1.2 Comando *Borrar Memoria*

Descripción: Borra la memoria extendida de 8Kbytes

Sintaxis **<$42h> (B)**

Protocolo

PC		**SISTEMA**
Envía el Comando	>>> **<$42h>** >>>	**READY FOR COMMANDS**
	<<< **<$42h>** <<<	Si es un comando Válido
Abandona	<<< <nack> <<<	No es comando válido
Muestra un mensaje del ¡borrado completo! y luego **Abandona**	<<< <ack> <<<	Una vez terminada el borrado de la memoria manda un <ack>

Tabla 3.7 Protocolo de Borrado de la memoria NVRAM

Después de limpiar la memoria se visualizan los siguientes mensajes tanto en el SIA y la PC. Adicionalmente el puntero de la memoria NVRAM extendida del RTC DS 17887-5 queda encerado:

Memoria
Limpia

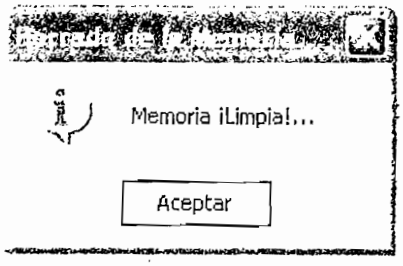


Figura 3.68 Mensaje al terminar el borrado de la memoria

3.7.3.1.3 Comando *Parámetros de Calibración*

Cabe aclarar que los comandos de calibración de las diferentes constantes son similares, por lo cual se expondrá solo el protocolo para la descarga de la constante W del automóvil.

Siendo el comando 44h el de calibración de la constante de VI. Los comandos 45h y 46h no están implementados.

Descripción: Constante W del automóvil
Sintaxis **<$43h> (C)**
Protocolo

PC		**SISTEMA**
Envía el Comando	>>> <**$43h**> >>>	**READY FOR COMMANDS**
	<<< <**$43h**> <<<	Si es un comando válido
Abandona	<<< <nack> <<<	No es comando valido
Envía primero el número de dígitos de la constante W	>>> < byte> >>>	
	<<< <ack> <<<	Byte Ok ?
Abandona	<<< <nack> <<<	Byte Malo ?
Envía digito por digito el valor de la constante W (tantas veces como sean el número de dígitos	>>> < byte> >>>	

	<<< <ack> <<<	Byte Ok ?
Abandona	<<< <nack> <<<	Byte Malo ?

Tabla 3.8 Protocolo de Calibración de la Constante W

Una vez que se descarga el valor de la constante "W" del automóvil, se despliega el siguiente mensaje en la interfaz, mientras tanto el sistema de información mantiene desplegado el mensaje "*ready for commands*"

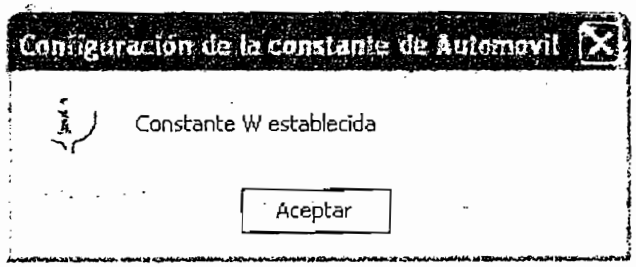


Figura 3.69 Mensaje desplegado al terminar la descarga de la constante "W" al SIA

3.7.3.1.4 Comando *Desconectar*

Descripción: Abandona el estado *ready for commands* y vuelve *a on-line.*

Sintaxis **<$47h> D**

Protocolo

PC Envía el Comando	>>> **<$47h>** >>>	**SISTEMA READY FOR COMMANDS**
	<<< **<$47h>** <<<	si es un comando válido
Abandona Confirma la desconexión	<<< <nack> <<<	si no lo entendió
Desconectado _Confirmado y **Abandona**	>>> <ack> >>> <<< <ack> <<<	si llegó un <ack>
		ON-LINE

Tabla 3.9 Protocolo de Desconexión de la Comunicación entre el PC y el **SIA**

Una vez establecida la desconexión del sistema de información SIA con la PC se visualizan los siguientes mensajes:

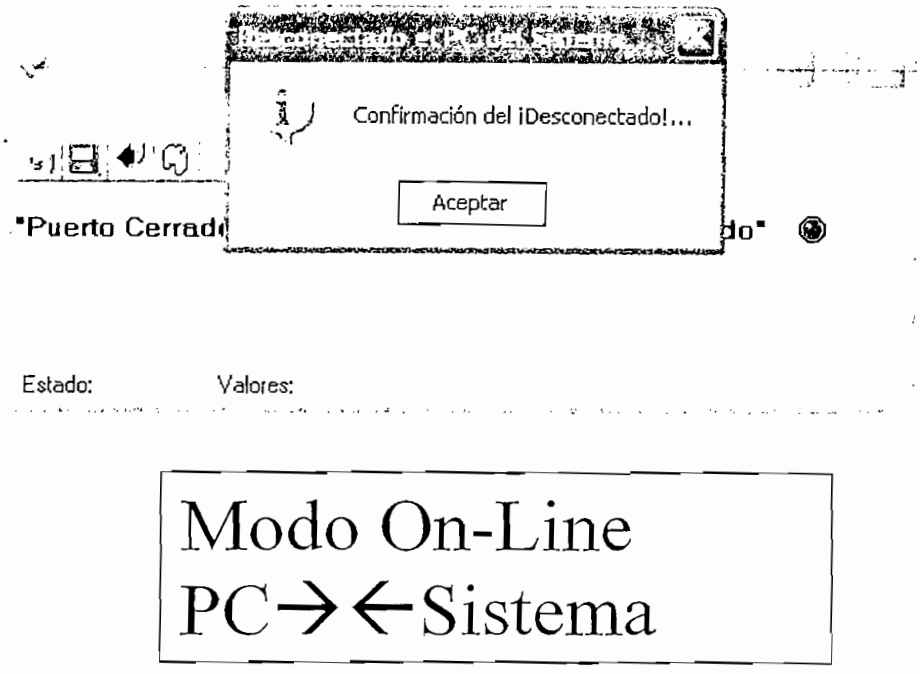


Figura 3.70 Mensaje desplegado al pasar el modo "*ready for commands*" al modo "*on-line*"

Al pasar del modo "*ready for commands*" al modo "*on-line*" nuevamente se deshabilitan la opciones de lectura, borrado y de calibración del sistema.

De esta manera se ha concluido con la explicación del Software desarrollado, tanto en los PIC como en la PC para el funcionamiento; calibración y visualización de parámetros del SIA.

CAPITULO 4

ANÁLISIS ECONÓMICO

El sistema de información para automóviles SIA es diseñado y construido con elementos digitales, dentro de los cuales el microcontrolador es la parte central lo que posibilita la reducción de tamaño y de mantenimiento, puesto que éste sustituye gran parte de la circuitería.

El objetivo es responder a las necesidades de un gran número de personas que hoy en día, utilizan automóviles como medios de movilización.

Un precio referencial de los sistemas de información avanzada, para el caso especifico de los modelos que se incluyen en los automóviles Mercedes Benz, bordean los 800 dólares. Es meritorio aclarar que este precio incluye, los demás instrumentos de visualización del cuadro de instrumentos, ya que el sistema de información es parte del cuadro de instrumentos.

4.1 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS USADOS

Para la construcción del prototipo ha sido necesaria la construcción de tres tarjetas:

- La tarjeta de control principal es la encargada de acondicionar la señal de los diferentes sensores instalados en el vehículo, procesar la información y visualizar dicha información en pantallas desplegables en el LCD.

- La tarjeta de interfaz permite visualizar la información a través de la pantalla LCD y acceder a las diferentes opciones del sistema mediante un teclado.

- La tarjeta de comunicación serial permite establecer la comunicación entre SIA y el PC.

A continuación se lista los materiales utilizados en la fabricación de la tarjeta de control principal.

Nomenclatura	Cant.	Descripción	V.Unit	V. Total
R1,R7,R9,R10,R11,R	33	Resistencias de ¼ W	0.03	0.99
R17,R18,R23,R40,R4	6	Poten. de precisión	1.50	9
R19,R22,R69	3	Poten. de 20KΩ	0.25	0.75
U9	1	74HC14	0.35	0.7
U4	1	DS17887-5	42.56	42.56
U2	1	PIC16F877	11.39	11.39
U3	1	PIC16F84A	6.80	6.80
-	1	LCD20X2con backlight	18.96	18.96
U5,U14	2	LM2907	0.9	1.8
U1	1	LM324	0.45	0.45
U6,U7	2	TL082CP	0.68	1.36
U5	1	NTE3086	6	6
U13	1	PC817	3	3
U10	1	LM7805	0.35	0.35
U11	1	LM7812	0.60	0.60
K1	1	RELE DE 12V	1.70	1.7
J4	1	Conector DB25	4.0	4.0
Y1	1	Cristal 18.432MHz	0.77	0.77
Y2	1	Cristal 10.240MHz	0.34	0.34
C18,C19,C20,C21	4	Cap. cerámico 22pF	0.08	0.32
D3,D4,D7,D8	4	DIODO 1N4148	0.05	0.20
D9,D12,D13,D15	4	DIODO 1N4001	0.06	0.24
D1,D2,D5,D6,D10,D1	6	DIODO ZENER 1/2 W	0.15	0.9
Q2	1	2N3904	0.07	0.07
C2,C3,C4,C5,C6,C8,	18	Cap. Cerámico 100nF	0.12	2.16
C15,C17	2	Capacitor 10uF	0.80	1.6
C14,C26	3	Capacitor 220uF	0.12	0.36
C30,C31	3	Capacitor 1uF	0.05	0.15
C32,C33	2	Capacitor 2.2uF	0.05	0.10
C29	1	Capacitor 4700uF	0.70	0.70
C34,C35	2	Capacitor 100uF	0.12	0.24
C27	1	Capacitor 4.7uF	0.08	0.08
C28	1	Capacitor 22uF	0.08	0.08
JP2,JP3	1	Jumper	0.44	0.44
S1,S2	2	MicroPulsadorEjeLarg.	0.17	0.34

Tarjeta impresa	1	Construcción	30.00	30.00
SUBTOTAL 1				**149.5**

Tabla 4.1 Elementos usados en la tarjeta de control principal

Los precios de los elementos utilizados para la construcción de la tarjeta de teclado están detallados en la Tabla 4.2.

Nomenclatura	Cant.	Descripción	V.Unit	V. Total
S1,S2,S3,S4, S6	5	MICRO SWITCH 6P	0.25	1.25
S5	1	Micro Pulsador Eje	0.17	0.17
D5,D6,D7,D8,D9,D10,	7	LEDS(rectangulares)	0.09	0.63
R1,R2,R3,R4,R5,R6,R	14	Resistencias de un ¼ W	0.02	0.28
D1,D2,D3,D4	4	Diodos 1N4148	0.04	0.16
Tarjeta impresa	1	construcción	20.00	20.00
SUBTOTAL 2				**22.49**

Tabla 4.2 Componentes usados para la construcción de la tarjeta de teclado

Los precios de los dispositivos usados para la construcción de la tarjeta comunicación serial se encuentran Tabla 4.3.

Nomenclatura	Cant.	Descripción	V.Unit	V. Total
U5	1	MAX232	3.30	3.30
C1,C2,C3,C4,C5	5	Condensador de 10uF	0.08	0.4
D1,D2	2	Diodos N4148	0.04	0.08
U1	1	LM7805	0.40	0.40
J1	1	Conector DB9 Hembra	1.40	1.40
Tarjeta impresa	1	Construcción	15.00	15.00
SUBTOTAL 3				**20.58**

Tabla 4.3 Componentes usados para la construcción de la tarjeta de comunicación serial

Los componentes externos usados para la instalación se encuentran en la Tabla 4.4

1	CONECTOR DB25	0.75	0.75
1	LM35DZ	3.0	3.0
1	Fotorresistencia	0.30	0.30
1	Fusible 0,5 A	0.08	0.08
SUBTOTAL 4			**3.38**

Tabla 4.4 Componentes externos

Se detalla a continuación la Tabla 4.5 con subtotales parciales.

Subtotal 1	149.50
Subtotal 2	22.49
Subtotal 3	20.58
Subtotal 4	3.38
Total Final	**195.95**

Tabla 4.5 Costo de la materia prima

El costo del equipo, considerando únicamente la parte de hardware bordea los 200 USD.

4.2 DESARROLLO DE SOFTWARE

El desarrollo de software para el SIA consta de 3 partes:

- Para el microcontrolador.- se utilizó la herramienta de desarrollo el software MPLAB versión 5.11.

- Para la computadora como herramienta de diseño se usa el Lenguaje de programación Visual Basic versión 6.0.

- Para el ruteado de tarjetas impresas.- Se usa como herramienta de diseño el programa Design Explorer 99 SE.

Los costos incurridos en las diferentes etapas del diseño del software se indican en la tabla 4.6.

	H.H	H.E	Costo	Costo	Costo
Microcontrolador	640	640	9,00	0,50	6080,00
PC	320	320	9,00	0,50	3040,00
Tarjetas impresas	10	10	9,00	0,50	95,00
TOTAL					9215,00

Tabla 4.6 Costos de Desarrollo de Software

determina a partir del valor del salario mínimo vital incluyendo los beneficios de ley que tiene un valor de 127,0 dólares, considerando que en la semana se construirán dos unidades.

Se considera que el costo de la energía eléctrica bordea los 40 dólares x mes, con lo que para la construcción de una unidad se calcula dividiendo este ultimo valor para el numero de unidades elaboradas al mes (8 unidades).

Costo Variable	
Materiales	195,95
Mano Obra xUnidad	15,875
Luz	5,00
TOTAL	216,82 por unidad

Tabla 4.6 Costos Variable

En la determinación de los costos fijos se consideran los servicios básicos como son agua y teléfono. Adicionalmente se realiza un análisis que permita calcular un valor del costo unitario del equipo adecuado para la introducción en el mercado, tomando en cuenta que el costo por desarrollo de software tendrá una amortización al 20 % en un tiempo de 5 años, calculada de la siguiente forma:

6080 x 20% = 1216 Anual → 1216÷12=101,3

3040 x 20 % = 608 Anual → 608÷12=50,6

95 x 20 % = 19 Anual → 19÷12=1,58

Costo Fijo **202,98**

Servicios Básicos 17,00

Agua 5,00

Teléfono 12,00

Microcontrolador 101,30

PC *50,60*

Tarjetas impresoras		1,58			
Depreciación	-------->	16,25	→ 20 %	Computadora	700,00
Dep. Equipo de comp.		11,67	→ 10 %	Osciloscopio	450,00
Dep. Otros Equipos		4,58	→ 10 %	Otros Equipos	100,00
					1250,00

Costo Variable 8 unidades	=	1734,56
Costo Fijo	=	202,98
Costo total		1937,54
15% gastos Administrativos		290,63
		2228,17
20% utilidades		445,63
Costo Total (8 unidades)		2673,80

Costo Unitario = Costo Total / Numero de Unidades producidas

Costo Unitario = 2673,8 / 8 unidades

Costo Unitario = **P.V.P** = 334,22 USD

4.2.1.1 Evaluación de recursos empleados

Para la fabricación del prototipo se emplean los siguientes recursos, los cuales se evalúan de la manera más real posible en función de la experiencia obtenida en la elaboración.

- Herramientas.- El costo aproximado de las herramientas está especificado con el nombre de otros equipos 100,00 USD. Incluyen herramienta mecánica y eléctrica como destornilladores, pinzas, alicates, taladro, suelda eléctrica.

- Instrumentos.- Se usan instrumentos tales como osciloscopio, multimetro

- Mano De Obra.- Los recursos humanos mínimos para la fabricación del equipo se requerirá de técnicos con conocimiento básico de electrónica y mecánica automotriz.

- Recursos externos.- Servicios de fabricación mecánica para la elaboración del mueble, almacenes de suministro de los materiales.

- Actividades.- las actividades para la fabricación y ensamblaje se pueden dividir así:

    - Ensamblaje de tarjetas electrónicas
    - Ensamblaje de partes mecánicas
    - Alambrado general del equipo
    - Pruebas del ensamblaje
    - Calibraciones y ajustes electrónicos
    - Pruebas de funcionamiento

- Tiempo.- El tiempo necesario para la fabricación de una unidad es de 2 equipos por semana. Para esto se debe disponer de todos los elementos.

- Las actividades pueden ser repartidas de manera racional, y entonces sería factible de esta manera construir 8 unidades al mes.

- Tomando en cuenta los recursos empleados, para lograr una rentabilidad razonable, el precio de venta sugerido del equipo es: 350 USD.

Este precio, para un equipo como el diseñado, similar a los que tienen los automóviles Mercedes Benz, no representa un costo alto tomando en cuenta las facilidades que éste otorga. Hay que notar que en éste tipo de automóviles este sistema es parte de otro mayor y viene montado en el grupo de instrumentos del auto, lo que lo convierte en un solo equipo. Para los automóviles de gama baja no existe tal sistema por lo que el SIA podría introducirse como un aditamento con un costo de 350 dólares, accesible al usuario.

CAPITULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

Este capítulo muestra las pruebas desarrolladas al [SIA], las cuales consisten en *analizar el rendimiento del automóvil bajo diferentes condiciones de* funcionamiento del mismo. Se presentan tablas y gráficas con datos experimentales de las señales medidas.

5.1 ELEMENTO DE PRUEBA (AUTOMÓVIL CHEVROLET ALTO)

Las pruebas se las realizó en un automóvil marca Chevrolet Alto, que es un auto *compacto con un motor de 4 cilindros, doble árbol de levas en cabeza (DOHC)* y 16 válvulas. Tiene 996 centímetros cúbicos y una potencia máxima de 65 caballos de fuerza.

Cuenta con sistema de inyección electrónica SFI (MPFI SECUENCIAL), una capacidad del tanque de combustible de 37 litros (9.7 galones). El tamaño de las llantas de adelante y atrás de 165/65R13 (figura 5.1).

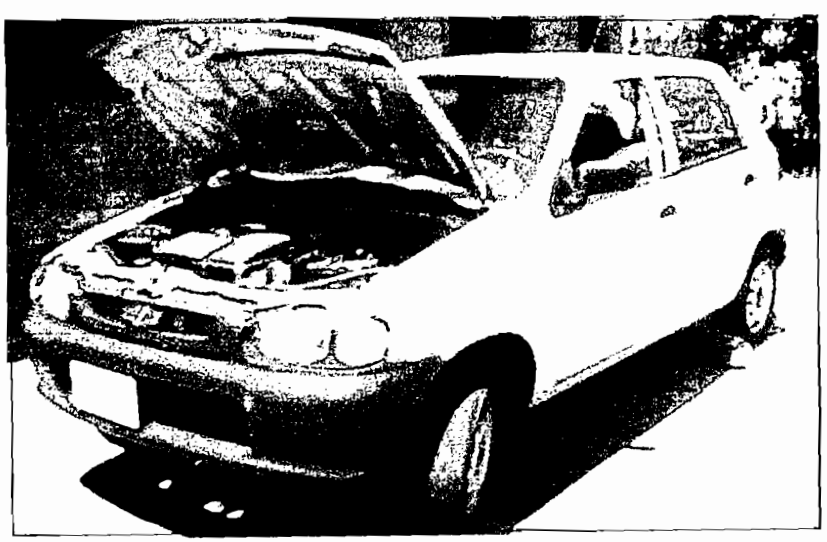


Figura 5.1 Elemento de Prueba (Automóvil Chevrolet Alto)

El automóvil posee de un velocímetro analógico que indica la velocidad del vehículo en [km/h]. El odómetro registra la distancia total recorrida por el vehículo. El indicador del nivel de combustible muestra la variación que se da en el depósito de combustible

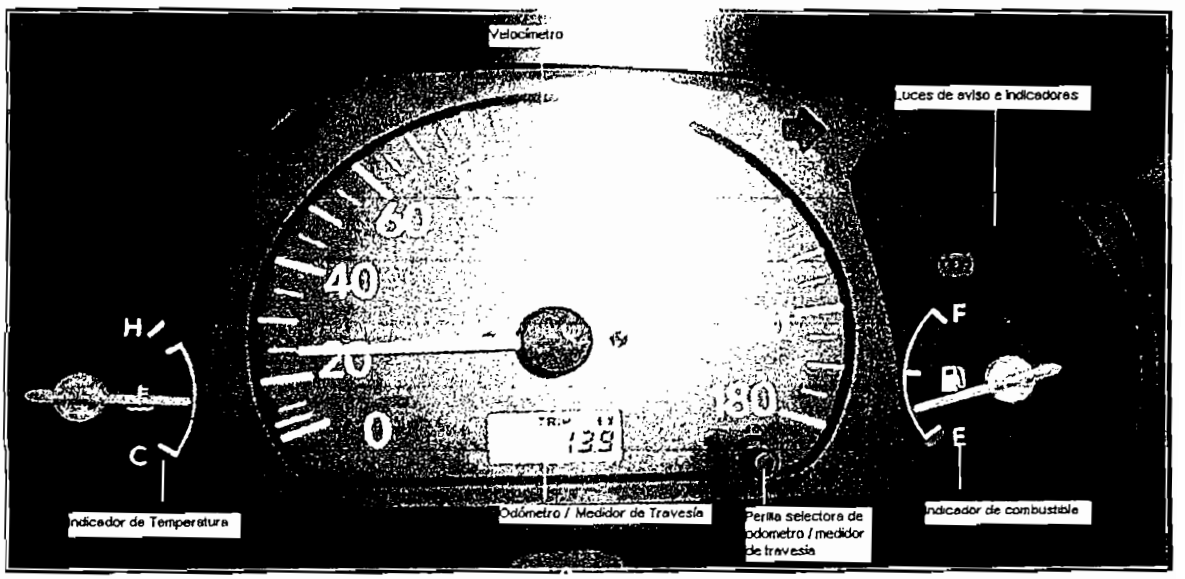


Figura 5.2 Grupo de Instrumentos del Chevrolet Alto

5.2 PRUEBAS DE OPERACIÓN

5.2.1 PRUEBAS DE CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACION [SIA]

Para la calibración de cada una de las funciones del sistema de información se realizaron las siguientes pruebas listadas a continuación:

- Prueba de calibración de la medición de combustible restante
- Prueba de Calibración de la medición de distancia recorrida
- Prueba de Calibración de la medición de velocidad instantánea
- Prueba de Calibración de la medición de temperatura del líquido refrigerante del motor
- Prueba de Calibración de la medición de temperatura interior

5.2.1.1 Prueba de calibración de la medición de combustible restante

Esta prueba consiste en comprobar la construcción de la tabla generada dentro de la memoria del microcontrolador principal en base a los datos de volumen de combustible en función de la variación de la resistencia del sensor de nivel de combustible, esta prueba fue realizada con el automóvil encendido y manteniendo la palanca de cambios en neutro, trabajando en ralentí.

Se vacío el tanque completamente y se fue llenando litro por litro constatando el valor de litros ingresados con el valor mostrado en la pantalla del sistema de información, realizándose ajustes de la tabla cuando fue necesario hacerlo.

Adicionalmente se realizó la prueba desplazándose el automóvil por superficies muy escabrosas, en superficies planas y superficies inclinadas, presentándose una variación aceptable en la medida, debido a características propias del sensor.

V(Ltr)	R(Ω)	Val. Tabla (hex)	V(Ltr)	R(Ω)	Val. Tabla (hex)
1	42,5	1	20	25,3	14
2	42,5	2	21	24,8	15
3	42,5	3	22	23,7	16
4	42,5	4	23	23	17
5	42,5	5	24	22,4	18
6	40,6	6	25	21,7	19
7	37,3	7	26	20,7	1A
8	35,5	8	27	19	1B
9	34,6	9	28	18,1	1C
10	33,3	A	29	16,6	1D
11	32,1	B	30	14,4	1E
12	31,5	C	31	13,2	1F
13	30,4	D	32	12	20
14	29,9	E	33	10,8	21
15	29	F	34	8,6	22
16	27,9	10	35	6,1	23
17	27,5	11	36	6,1	24
18	26,8	12	37	6,1	25
19	25,8	13			

Tabla 5.1. Volumen de combustible versus resistencia

En la figura 5.3 se muestra la curva característica obtenida a partir de los datos obtenidos de la variación de resistencia del sensor de combustible restante para diferentes valores de volumen de combustible.

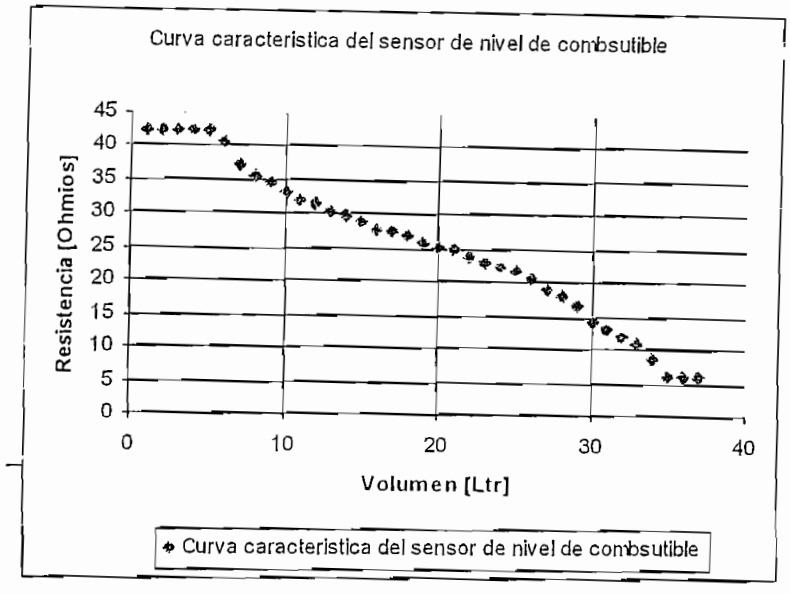


Figura 5.3 Curva característica del sensor de nivel de combustible

5.2.1.2 Prueba de calibración de la medición de distancia recorrida

Esta prueba se realiza con el fin de calibrar la medición de la distancia recorrida por el automóvil, tomando como referencia las lecturas obtenidas del odómetro digital propio del automóvil.

Realizando dos tipos de pruebas, la primera se realiza con el automóvil *banqueado, permitiendo con ello las continuas modificaciones del valor de la* constante del automóvil.

Conociendo que el valor de la circunferencia dinámica eficaz para el neumático de *numeración 165/65R13 es de 1,660m por vuelta, valor teórico dado por el* fabricante y considerando que el sensor de velocidad entrega dos pulsos por

vuelta, se determinó una constante W del automóvil que debía ser descargada desde el computador al sistema de 1205 rev/km.

Se procedió ha realizar una medición directa de la distancia recorrida por una llanta inflada a la presión portante correspondiente, obteniéndose una distancia recorrida por vuelta de la llanta de 1,575 metros por vuelta, con lo cual se calculó una constante W de 1270 con este valor se realizaron pruebas dando como resultado mediciones similares a las obtenidas por el odómetro digital.

Por último, se realizó pruebas con el automóvil en movimiento, constatando una correcta medición, bajo cualquier superficie y velocidad de marcha. En la tabla presentada a continuación se muestra los datos medidos tanto del odómetro digital propio del auto como también de la indicación de distancia recorrida del SIA, para un recorrido de 50 Kilómetros

Odómetro (Km)	SIA (Km)	Odómetro (Km)	SIA (Km)
1	1	26	26
2	2	27	27
3	3	28	28
4	4	29	29
5	5	30	30
6	6	31	31
7	7	32	32
8	8	33	33
9	9	34	34
10	10	35	35
11	11	36	36
12	12	37	37
13	13	38	38
14	14	39	39
15	15	40	40
16	16	41	41
17	17	42	42
18	18	43	43
19	19	44	44
20	20	45	45
21	21	46	46
22	22	47	47
23	23	48	48
24	24	49	49
25	25	50	50

Tabla 5.2 Medición de distancia recorrida mediante el Odómetro digital y SIA

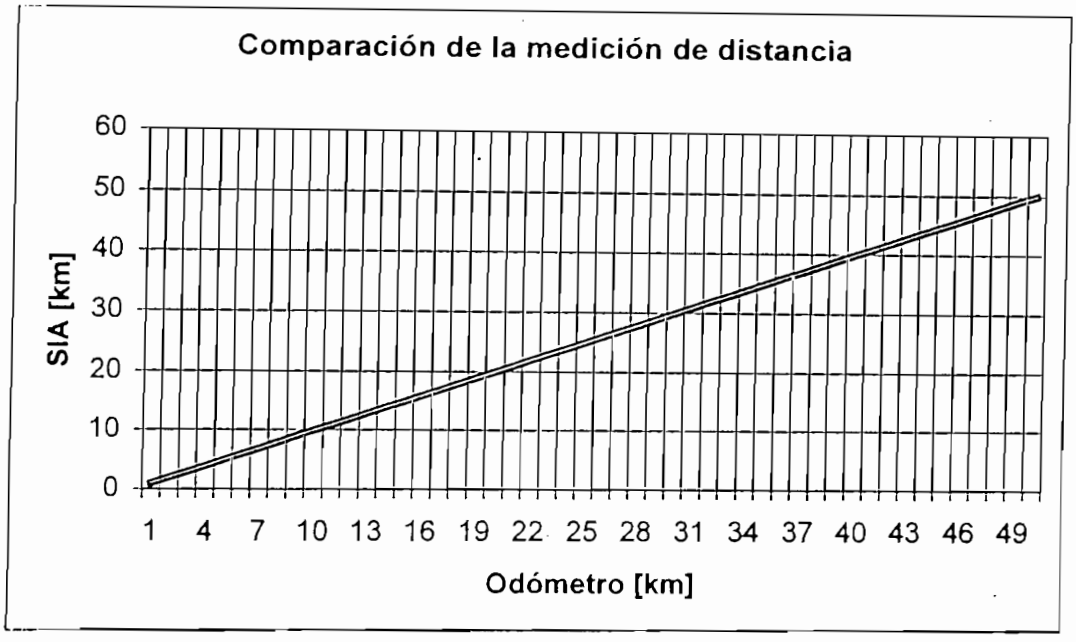


Figura 5.4 Comparación de medidas en un trayecto recorrido de 50Km

En la gráfica se puede comparar el comportamiento del SIA (en azul), con respecto al odómetro digital (en rojo) usado como patrón. Basándose en esta gráfica se nota que sus comportamientos son similares. Debido a que el valor de distancia se incrementa cada 100 metros, no se puede percibir diferencias inferiores a ésta.

Es probable que a mayores distancias se pueda observar diferencias más acentuadas entre la medición del odómetro digital y el SIA, siendo las posibles causas las continuas interrupciones que debe atender el microcontrolador principal, sean estas por consumo de combustible, por el manejo del teclado, por la generación de un tiempo base de 1 segundo o por la interrupción propia del incremento de distancia, etc.

5.2.1.2 Prueba de calibración de la medición de velocidad instantánea

Esta prueba de calibración se realizó en primera instancia con el automóvil banqueado, permitiendo de esta manera realizar calibraciones de velocidad en el

rango comprendido entre 0 y 155 km/h, siendo este último valor de velocidad consultado de las especificaciones técnicas del automóvil. Para la calibración de la velocidad se procede ha variar el potenciómetro R40, del circuito conversor de frecuencia-voltaje. Calibrada la medición de velocidad, se realizaron pruebas con el automóvil en movimiento alcanzando velocidades en carretera hasta de 100 km/h aproximadamente, obteniéndose diferencias muy pequeñas con respecto al velocímetro del automóvil.

En la medición de velocidad instantánea no se pueden calcular errores, ya que la indicación de velocidad del grupo de instrumentos es análoga mientras que la indicación del SIA es digital.

5.2.1.4 Prueba de calibración de la medición de temperatura del líquido refrigerante del motor

Esta prueba se efectuó para evidenciar la correcta elaboración de la tabla dentro de la memoria de programa del microcontrolador principal, con datos proporcionados por el jefe de taller Ing. Roberto Borja del concesionario Chevrolet (Metrocar) ubicado en el Valle de los Chillos.

La calibración de la medición de temperatura del líquido refrigerante del motor, se efectuó tomando como referencia la temperatura de activación del ventilador del sistema de refrigeración del vehículo que es de 92 ° C y la temperatura a la cual éste se desactiva, disminuyendo por debajo de los 82 ° C.

Grados (°C)	Resistencia (Ω)	Voltaje (V)
100	200	0.40
90	250	0.60
80	300	1.10
70	450	1.40
60	600	1.70
50	1000	2.10
30	2500	2.80

Tabla 5.3 Tabla de valores de medición

5.2.1.4 Prueba de calibración de la medición de temperatura interior

Para la calibración de la temperatura al interior del vehículo, se acondicionó el voltaje entregado por el sensor LM35DZ y se lo amplificó para obtener un voltaje comprendido entre 0 y 5V, para medir temperaturas entre 0 y 100°C. Para ello se instaló el sensor de combustible en la parte interna, se mantuvo estacionado el vehículo durante un periodo de tiempo razonable en un ambiente variable y luego se hicieron las pruebas con el vehículo en movimiento al medio día.

Temp. Int. °C	Vout (V)	Vacond (V)
16	0,16	0,8
17	0,17	0,85
18	0,18	0,9
19	0,19	0,95
20	0,2	1
21	0,21	1,05
22	0,22	1,1
23	0,23	1,15
24	0,24	1,2
25	0,25	1,25
26	0,26	1,3
27	0,27	1,35
28	0,28	1,4
29	0,29	1,45

Tabla 5.4 Valores medidos de voltaje de salida del acondicionador versus temperatura interior

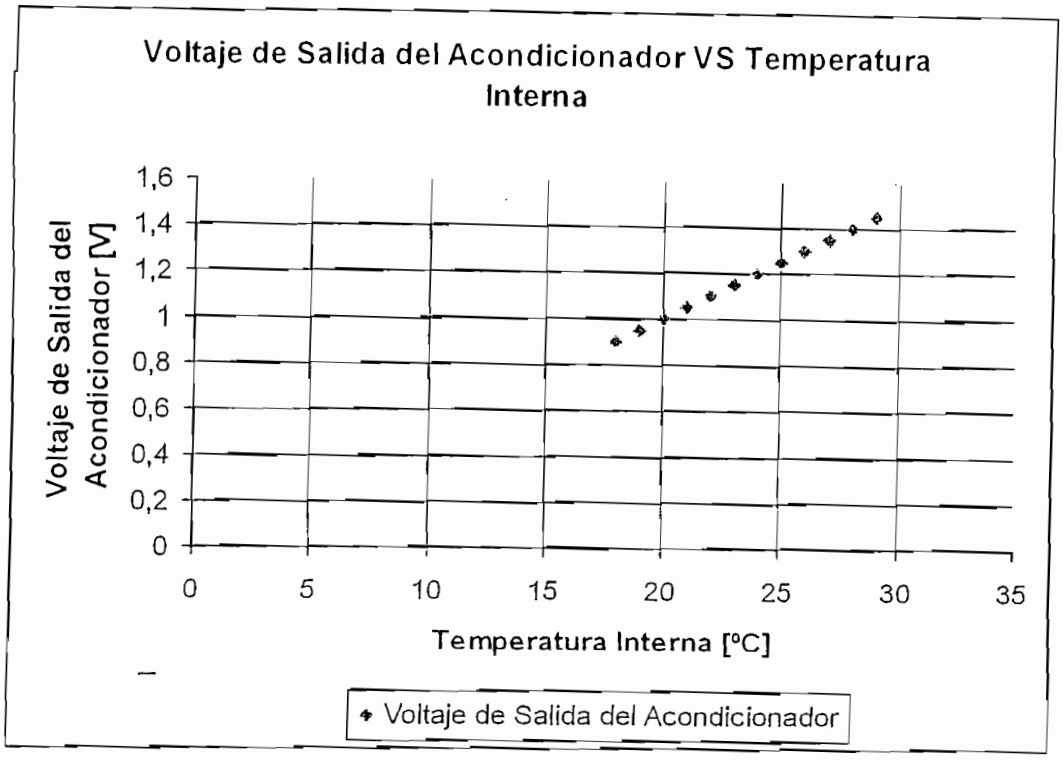


Figura 5.5 Curva característica del sensor de temperatura interior

5.3 PRUEBAS DE RENDIMIENTO DEL AUTOMÓVIL

5.3.1 PRUEBA EN CICLO URBANO (DENTRO DE LA CIUDAD)

Esta prueba sirve para analizar el rendimiento del automóvil dentro de la ciudad, en un recorrido normal dentro de la ciudad de Quito en horas de la noche con una velocidad máxima de 55 km/h durante el trayecto, en una distancia aproximada de 16,76 kilómetros. A partir de los 5 kilómetros el valor de consumo medio se estabiliza en un valor de 7,46 l/100km, con un tiempo de viaje al final del trayecto de 31 minutos con 7 segundos, obteniendo como resultado una velocidad media de 32,33 Km/h al final del trayecto. Se logra un consumo instantáneo en los arranques después de una parada de 5,62 l/h para velocidades inferiores a 25 km/h y de 15,73 l/100km para velocidades superiores a los 25 km/h.

En la figura 5.6 se muestra el comportamiento del consumo medio de combustible *para ciclo urbano. Cabe aclarar que las muestras fueron tomadas cada vez que el* automóvil consume 0,1 litros de combustible, permitiéndome almacenar datos en una distancia recorrida de hasta 455 Kilómetros aproximadamente.

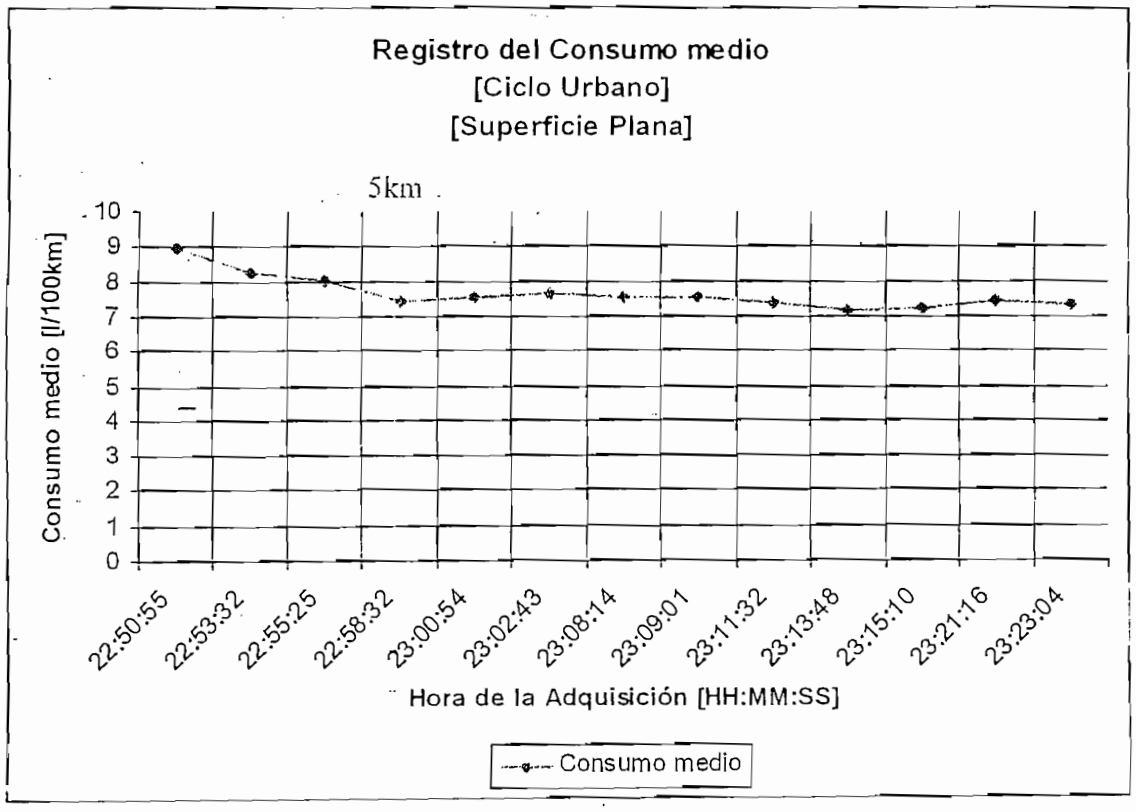


Figura 5.6 Registro gráfico de la medición de consumo medio dentro de la ciudad

Numero Dato	Dist.Rec Km	Consumo Ltr	Hora	Consumo medio l/100km	Velocidad Media Km/h	Fecha	Tiempo Transcurrido
1	0,5569	0,05	22:50:55	8,97868	18,3971	20/10/2003	0000/01/49
2	1,5704	0,13	22:53:32	8,27821	21,1739	20/10/2003	0000/04/27
3	2,4816	0,2	22:55:25	8,05919	23,571	20/10/2003	0000/06/19
4	4,5590	0,34	22:58:32	7,45721	28,998	20/10/2003	0000/09/26
5	5,3197	0,4	23:00:54	7,51926	27,049	20/10/2003	0000/11/48
6	6,5357	0,5	23:02:43	7,6503	28,7635	20/10/2003	0000/13/38
7	7,8013	0,59	23:08:14	7,56283	28,89	20/10/2003	0000/16/12
8	8,1061	0,61	23:09:01	7,52522	28,69	20/10/2003	0000/16/57
9	9,474	0,7	23:11:32	7,38867	29,151	20/10/2003	0000/19/30
10	11,196	0,8	23:13:48	7,14527	30,88	20/10/2003	0000/21/45

11	11,652	0,84	23:15:10	7,20916	30,24	20/10/2003	0000/23/07
12	13,425	1	23:21:16	7,44894	31,12	20/10/2003	0000/25/53
13	14,489	1,06	23:23:04	7,31596	31,4	20/10/2003	0000/27/41
14	15,857	1,16	23:25:20	7,31549	31,75	20/10/2003	0000/29/58
15	16,768	1,2	23:26:30	7,15648	32,33	20/10/2003	0000/31/07

Tabla 5.5 Datos recopilados para ciclo urbano

El valor de consumo medio de combustible para distancias inferiores a los 5 kilómetros tiende a incrementarse llegando a valores de 9 [l/100km] para la prueba en ciclo urbano, valor que si bien es cierto es real, no son recomendables usar en el cálculo de la autonomía ya que daría como resultado un menor número de kilómetros que se podría recorrer. El valor crítico es cuando el depósito de combustible se encuentra cerca del nivel de reserva, por lo que para el cálculo de autonomía es recomendable esperar que se estabilicen los datos.

El valor de combustible medio se mantiene entre valores comprendidos entre 7 y 8 [L / 100Km] sin modificar su valor sustancialmente, superados los 5 kilómetros.

Los valores máximos en la zona en que el consumo medio se mantiene más estable se debe a las aceleraciones producidas después de una parada.

Como conclusión de los valores analizados de consumo de combustible dentro de la cuidad se verifica que el rendimiento del auto tiende a disminuir (valor de consumo medio expresado en [l/100Km] aumenta), dado que se recorre una menor distancia con un consumo de combustible mayor, debido al aumento de paradas y aceleraciones (arranques) que se producen dentro de la ciudad. El consumo de combustible cuando se acelera es mayor debido a que se requiere una mayor potencia por parte del motor para vencer la inercia propia del auto y ponerlo nuevamente en movimiento.

A continuación se presentan las gráficas que permiten analizar el comportamiento de la velocidad media.

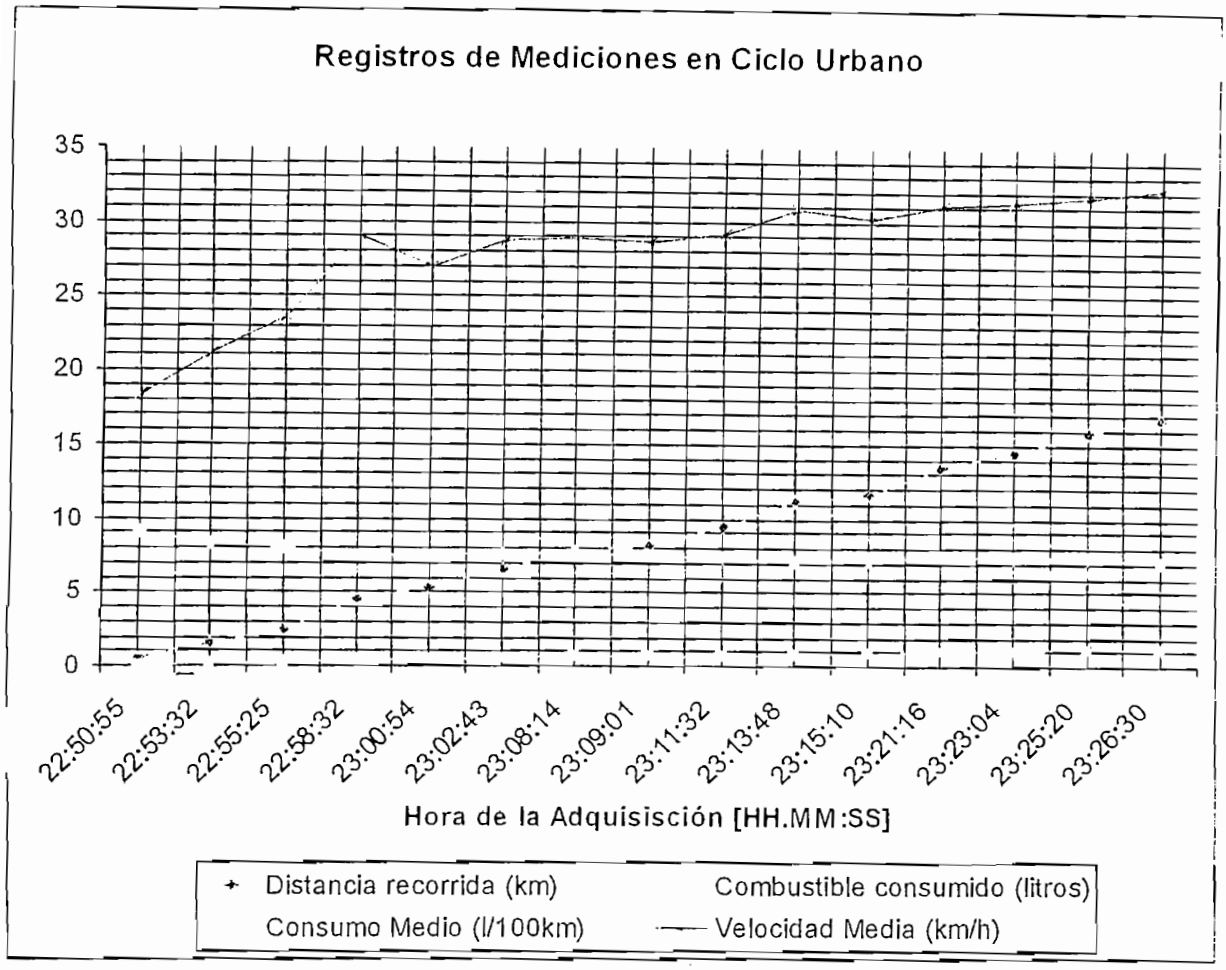


Figura 5.7 Registro grafico de las mediciones de distancia recorrida, combustible consumido, consumo medio y velocidad media dentro de la ciudad

En la figura 5.7 se puede apreciar el comportamiento de la velocidad media, de la cual se puede analizar que para trayectos dentro de la ciudad en los que se detiene el automóvil, su valor tiende a disminuir ya que el valor de distancia recorrida se mantiene pero el tiempo de viaje transcurrido sigue incrementándose.

5.3.2 PRUEBA EN CICLO EXTRAURBANO

Esta prueba se realizó desde el sector del Colibrí (Valle de los Chillos) pasando por la autopista General Rumiñahui hasta el Intercambiador del Trébol, siguiendo el trayecto por la Av. Oriental hasta la Av. Patria, en una distancia aproximada de 23,3 km (medida con el odómetro del automóvil) con una velocidad máxima de 78 km/h. A partir de los 5 kilómetros el valor de consumo medio se estabiliza en 6,12 [l/100km]; *dado que al inicio del trayecto se configuró una distancia a recorrer de* 100 km al final de trayecto se tenia una distancia por recorrer de 76,7 km, con un tiempo de viaje de 28 minutos con 17 segundos, con una velocidad media de 49,43 km/h y un tiempo de llegada estimado de 1 hora con 33 minutos para completar los 100 Kilómetros. A su vez el consumo instantáneo máximo fue de 12,51l/100km. A continuación se muestra la grafica de permite observar el comportamiento del consumo medio del automóvil durante el trayecto en carretera (figura 5.7).

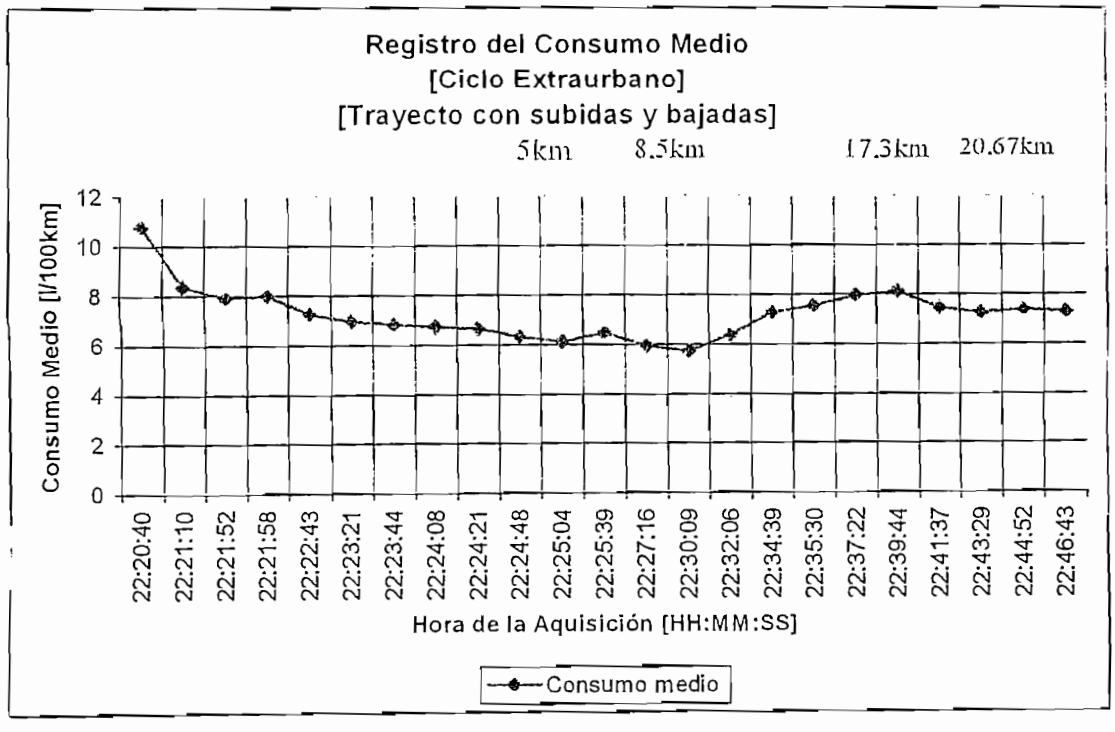


Figura 5.7 Registro gráfico de la medición de consumo medio en carretera

Numero Dato	Dist.Rec Km	Consumo Ltr	Hora	Consumo medio l/100km	Velocidad Media Km/h	Fecha	Tiempo Transcurrido
1	18,3404	0,97	12:20:30	5,2889	49,301	18/10/2003	0000/22/21
2	1,11375	0,12	22:20:40	10,774	26,065	20/10/2003	0000/02/34
3	1,67164	0,14	22:21:10	8,375	32,745	20/10/2003	0000/03/04
4	2,27914	0,18	22:21:52	7,8977	36,517	20/10/2003	0000/03/45
5	2,38039	0,19	22:21:58	7,9819	36,983	20/10/2003	0000/03/52
6	3,03953	0,22	22:22:43	7,238	39,558	20/10/2003	0000/04/37
7	3,5964	0,25	22:23:21	6,9514	41,281	20/10/2003	0000/05/14
8	3,95179	0,27	22:23:44	6,8324	42,265	20/10/2003	0000/05/37
9	4,30616	0,29	22:24:08	6,7345	42,883	20/10/2003	0000/06/02
10	4,50866	0,3	22:24:21	6,6539	43,339	20/10/2003	0000/06/15
11	4,91366	0,31	22:24:48	6,3089	44,059	20/10/2003	0000/06/42
[illegible]							
13	5,26905	0,34	22:25:39	6,4528	42,022	20/10/2003	0000/07/32
14	6,73819	0,4	22:27:16	5,9363	44,242	20/10/2003	0000/09/09
[illegible]							
16	10,69	0,68	22:32:06	6,3611	45,925	20/10/2003	0000/13/59
17	13,0714	0,95	22:34:39	7,2678	47,445	20/10/2003	0000/16/33
18	13,8308	1,04	22:35:30	7,5195	47,8	20/10/2003	0000/17/23
19	15,5024	1,23	22:37:22	7,9343	48,337	20/10/2003	0000/19/16
[illegible]							
21	19,0492	1,42	22:41:37	7,4544	48,702	20/10/2003	0000/23/30
[illegible]							
23	21,8356	1,61	22:44:52	7,3733	49,037	20/10/2003	0000/26/45
24	23,3047	1,7	22:46:43	7,2947	48,956	20/10/2003	0000/28/36

Tabla 5.6 Datos recopilados para el trayecto extraurbano (de subida)

Para el trayecto comprendido desde el arranque del automóvil hasta aproximadamente los 5 primeros kilómetros el valor de consumo medio tiende ha estabilizarse en un valor de 6,12 L/100km. A los 8,5 kilómetros se ingresó a la autopista general Rumiñahui, observando que el consumo medio en ese instante era 5,72 L/100km, después de recorrer un trayecto inclinado de subida a los 17,37 kilómetros, el consumo medio se había incrementado hasta los 8,11 L/100km a pesar de que el automóvil se desplazaba a una mayor velocidad, lo cual se debe a que el motor debe responder a un requerimiento de potencia mayor para poder subir el trayecto inclinado. A partir del peaje hasta el intercambiador del Trébol se tiene un trayecto de bajada por lo cual el consumo medio disminuyó a 7,25 L/100km al termino de os 20,67 kilómetros, esto se debe a que cuando el automóvil esta bajada existe un consumo de combustible mínimo.

En esta segunda prueba se observa un cambio más brusco en el comportamiento del consumo medio de combustible, que los producidos por las constantes paradas y arranques dentro de la ciudad.

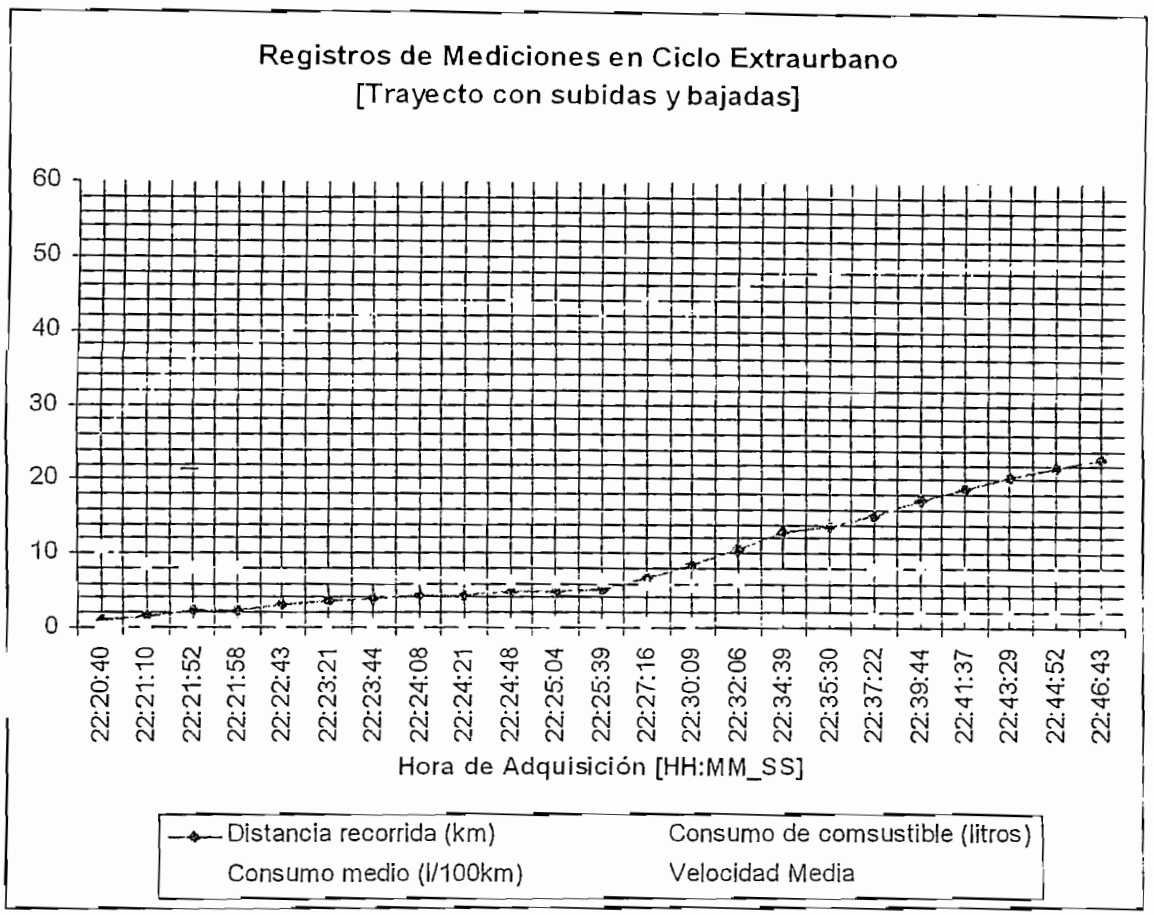


Figura 5.8 Registro grafico de la medición de velocidad media en carretera

La Figura 5.8 refleja un comportamiento creciente de la velocidad media, esto es debido a que el número de paradas fueron escasas, a excepción de las producidas en las casetas del peaje que reflejan de manera clara la disminución evidente de la velocidad media como se puede apreciar.

5.3.3 PRUEBAS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA EL AUTOMOVIL SEGÚN LA DIRECCIÓN DE TRANSPORTE CONAE DE MÉXICO

La prueba usada para determinar los consumos de combustible tanto en ciudad *como en carretera se la hizo con las normas fijadas por la dirección de transporte* CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía) de México.

Las condiciones para la realización de las pruebas se incluyen en los Anexos.

Num Dato	Distancia [Km]	Consumo [litros]	Hora [hh:mm:ss]	Fecha [ccyy/mm/dd]	T.Trans. [hhhh:mm:ss]	Rendim [l/100km]	Vel. Media [km/h]
1	0,7	0,1	21:40:36	04/11/2003	0000/02/36	14,29	16,15
2	0,7	0,1	21:50:02	04/11/2003	0000/02/24	14,29	17,5
3	2,5	0,2	21:52:32	04/11/2003	0000/04/53	8	30,72
4	3,5	0,29	21:55:17	04/11/2003	0000/07/38	8,29	27,51
5	4,4	0,39	21:58:57	04/11/2003	0000/11/18	8,86	23,36
6	5,5	0,49	22:01:23	04/11/2003	0000/13/44	8,91	24,03
7	6,6	0,59	22:03:34	04/11/2003	0000/15/55	8,94	24,88
8	7,8	0,69	22:06:14	04/11/2003	0000/18/35	8,85	25,18
9	8,8	0,79	22:07:36	04/11/2003	0000/19/57	8,98	26,47
10	9,6	0,89	22:09:40	04/11/2003	0000/22/02	9,27	26,14
11	10,2	0,99	22:11:37	04/11/2003	0000/23/58	9,71	25,54
12	11,3	1,09	22:23:39	04/11/2003	0000/36/00	9,65	18,83
13	13,9	1,19	22:26:57	04/11/2003	0000/39/18	8,56	21,22
14	15,1	1,29	22:28:29	04/11/2003	0000/40/50	8,54	22,19
15	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
16	17,6	1,49	22:32:42	04/11/2003	0000/45/04	8,47	23,43
17	19,2	1,59	22:37:09	04/11/2003	0000/49/30	8,28	23,27
18	20.4	1,69	22:38:28	04/11/2003	0000/50/49	8,28	24,09
19	21	1,79	22:43:10	04/11/2003	0000/55/31	8,52	22,7
20	21,9	1,89	22:47:05	04/11/2003	0000/59/27	8,63	22,1

Tabla 5.7 Datos recopilados para el trayecto urbano según CONAE

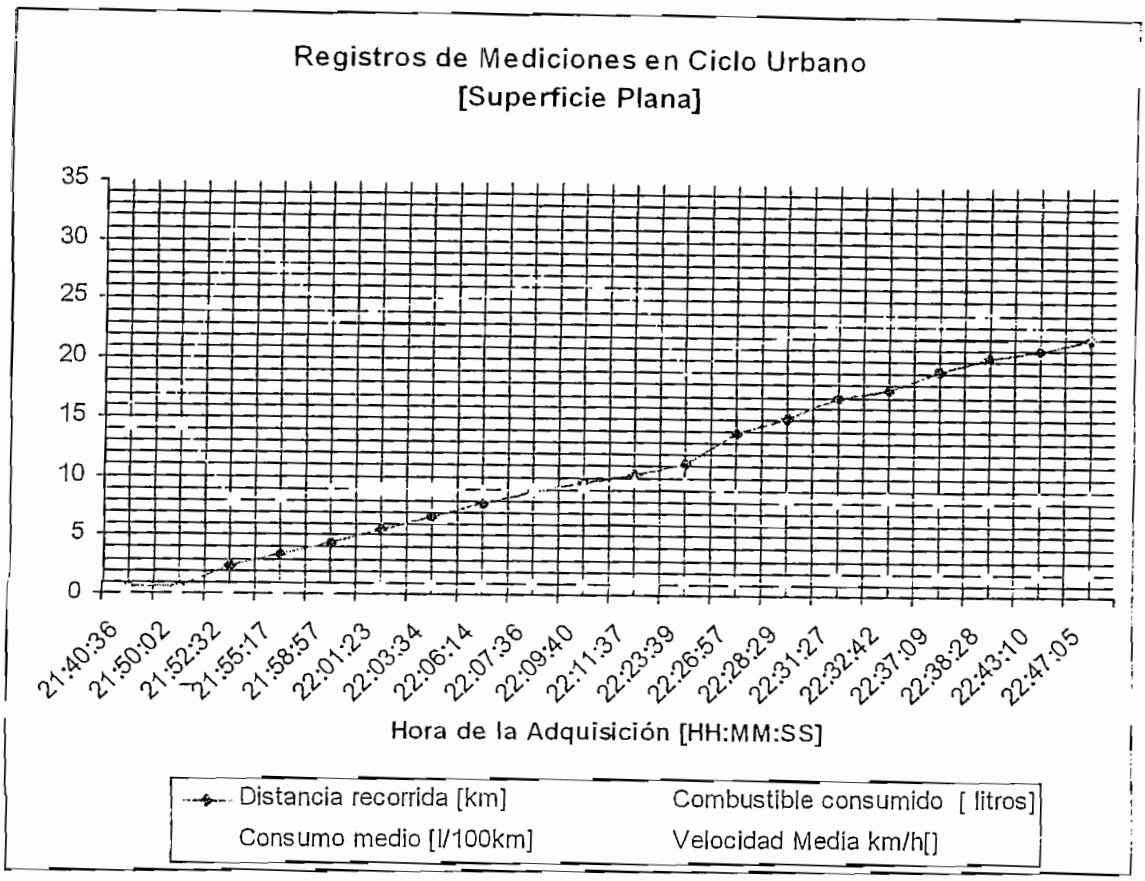


Figura 5.9 Registro grafico de la medición de consumo medio en ciudad según la dirección de transporte CONAE de México

Se trató de seguir al detalle las instrucciones para la realización de esta prueba, cuyos resultados se visualizan en la figura 5.9.

Para determinar el consumo de combustible en ciudad, se simulo una conducción de 16,9 km con paradas y arranques donde la velocidad media al final del trayecto es de 23.41 km/h. para un tiempo de viaje total de 43 minutos incluido la fase del motor en el cual se mantuvo encendido el sistema con la llave en contacto, la fase de estabilización se inicio a los 9 minutos con 42 segundos y terminado la misma a los 23 minutos con 48 segundos, terminando la prueba en la fase en caliente en los 35 minutos, cumpliendo los 8 minutos con 24 segundos en la fase de caliente .

Los motores automotrices necesitan mucho aire para producir la potencia requerida. Es la presión del aire (presión atmosférica) lo que fuerza al aire a entrar al motor. La presión atmosférica y la humedad relativa del aire son factores importantes para determinar qué tan bien funciona un motor y la energía que es capaz de producir.

La presión atmosférica es máxima al nivel del mar, porque hay más atmósfera sobre un punto dado que la que hay en un cierto punto de una montaña elevada. En consecuencia, el aire es también menos denso (menos pesado) a altitudes mayores.

Existen además otros factores que afectan al peso del aire. No hay duda que el polvo, los humos, los gases vertidos a la atmósfera y también el grado de humedad son factores importantes que contribuyen a aumentar el peso del aire e incluso a variar la proporción de oxígeno con respecto a los otros gases que el aire contiene.

En lo motores de combustión interna el peso del combustible guarda relación muy directa con el peso del aire que lo acompaña en la mezcla, de modo que muchos problemas de combustión se acabarían si se pudiera disponer siempre de un aire que pesara exactamente lo mismo en todas las condiciones, pero en la práctica no es así.

La temperatura del aire también influye sobre la capacidad de un motor para producir energía. Cuando se calienta el aire, se expande y se vuelve menos denso. A causa de esto, el motor no puede entonces admitir excesivo aire en la carrera de admisión y por tanto producirá menos energía

La diferencia entre la presión atmosférica y la presión absoluta en el múltiple de admisión del motor y en los cilindros determina la cantidad de aire que cada

cilindro podrá admitir en la carrera de admisión. Cuando esta diferencia de presión es mayor, se admite más aire y se produce más energía.

Los factores mencionados hasta hora se describen en forma resumida como la *eficiencia volumétrica* del motor; dado que esta se define como la cantidad de aire que un motor es capaz de admitir dentro del cilindro en la carrera de admisión, comparada con el llenado completo del cilindro con aire a presión atmosférica. Para mejor comprensión se detalla el efecto que tiene la disminución de la presión atmosférica con un ejemplo puntual.

Un motor que trabaja a 1500 m arriba del nivel del mar tendrá menos eficiencia volumétrica que el mismo motor al nivel del mar, porque la presión atmosférica es más baja a 1500m de altitud que al nivel del mar. Puesto que es la presión atmosférica la que fuerza a la mezcla de aire/combustible a entrar al cilindro, es fácil ver que habrá una reducción correspondiente en eficiencia volumétrica conforme aumenta la altitud (a la que trabaja el motor).

Una razón adicional que contribuye a una reducción del rendimiento de los motores de combustión interna de los automóviles es el número de octano de la gasolina, el número de octano es una medida de la capacidad para resistir a la detonación durante la combustión, evitando que se cree una combustión anormal generando problemas de preencendido, detonación, golpeteo de chispa, etc. Y por ende una reducción de la eficiencia del motor.

La eficiencia de combustible depende de todos los factores precedentes, y además del peso, dimensiones y carga del vehículo.

Ocurren pérdidas adicionales de energía que resultan de factores tales como fricción en el tren de impulsión, resistencia al rodaje, resistencia de aire y velocidad del vehículo. Se puede perder tanto como el 5% de la energía térmica del combustible por fricción en el tren de impulsión (sistema de transmisión).

La resistencia al rodaje varía de acuerdo con el tipo de neumático que se utilice, las presiones de inflado de los neumáticos y el estado de la superficie del camino

La resistencia del aire se relaciona directamente con la velocidad del vehículo, el diseño de carrocería, la dirección y velocidad del viento. Las carrocerías de automóvil de diseño aerodinámico presentan menos resistencia al viento, no así los diseños rectangulares como son los de caja. Las áreas frontales más grandes de la carrocería aumentan la resistencia al viento.

Una velocidad mayor del viento y la conducción contra él causan mayor resistencia. Todos estos factores influyen sobre cuanta energía térmica (combustible) se requerirá para operar el vehículo. Los hábitos de conducción, tales como aceleración, frenados frecuentes y rápidos, aumentan el consumo de combustible de cualquier vehículo.

Todos estos factores contribuyen a una reducción del rendimiento del automóvil, sin tener cuenta que solo del 20 al 30% de la energía térmica producida por el motor se transforma en potencia útil.

5.4 FOTOGRAFIAS Y UBICACIÓN DEL SIA

FOTOGRAFÍAS DEL SIA PARA AUTOMÓVILES

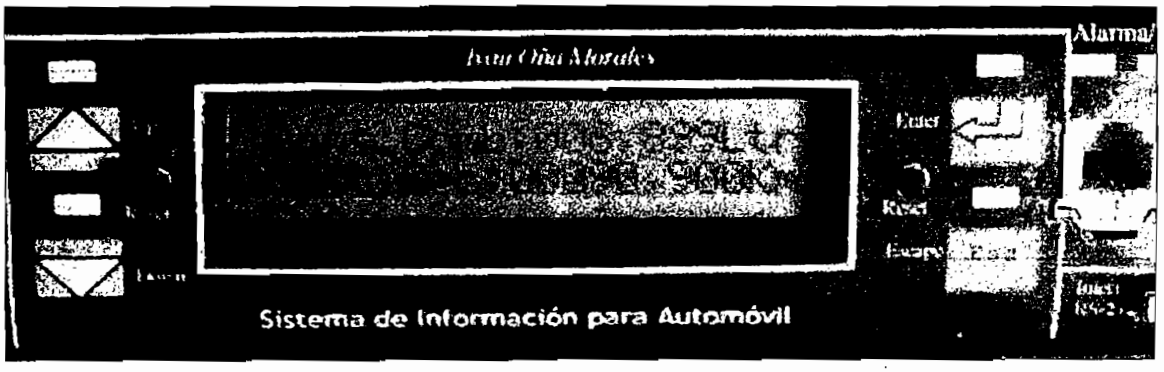


Foto 1.- Pantalla visualizando datos de trayectos largos.

Foto 2.- Ubicación del SIA en el Automóvil

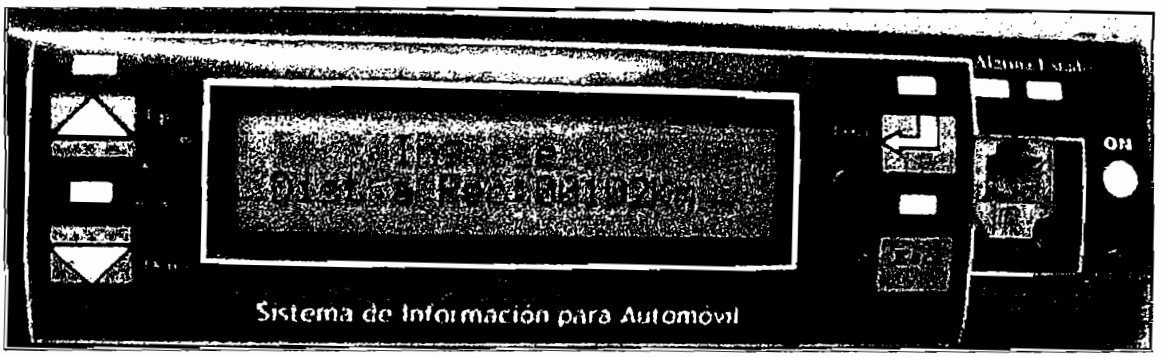


Foto 3.- Pantalla de Configuración Inicial

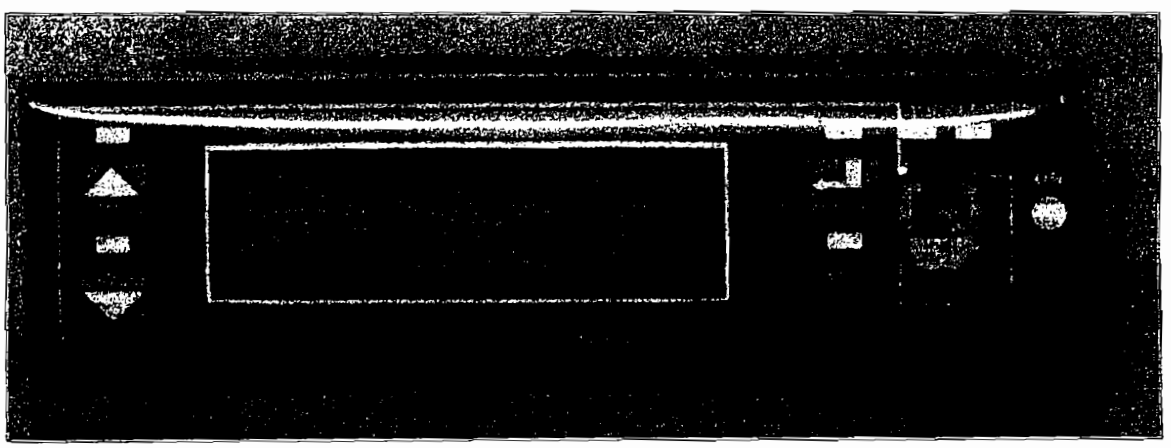


Foto 4 .- Vista Frontal del SIA

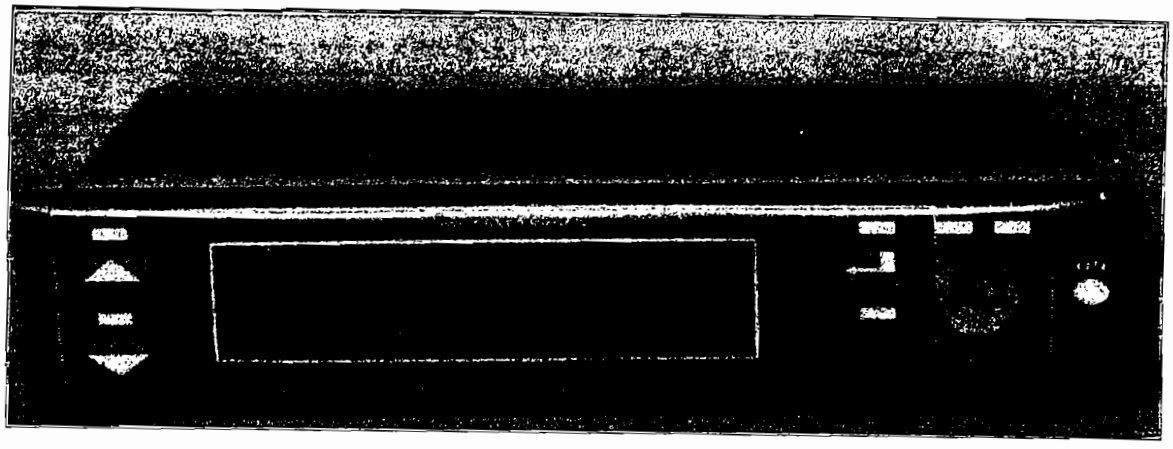


Foto 5.- Vista Superior

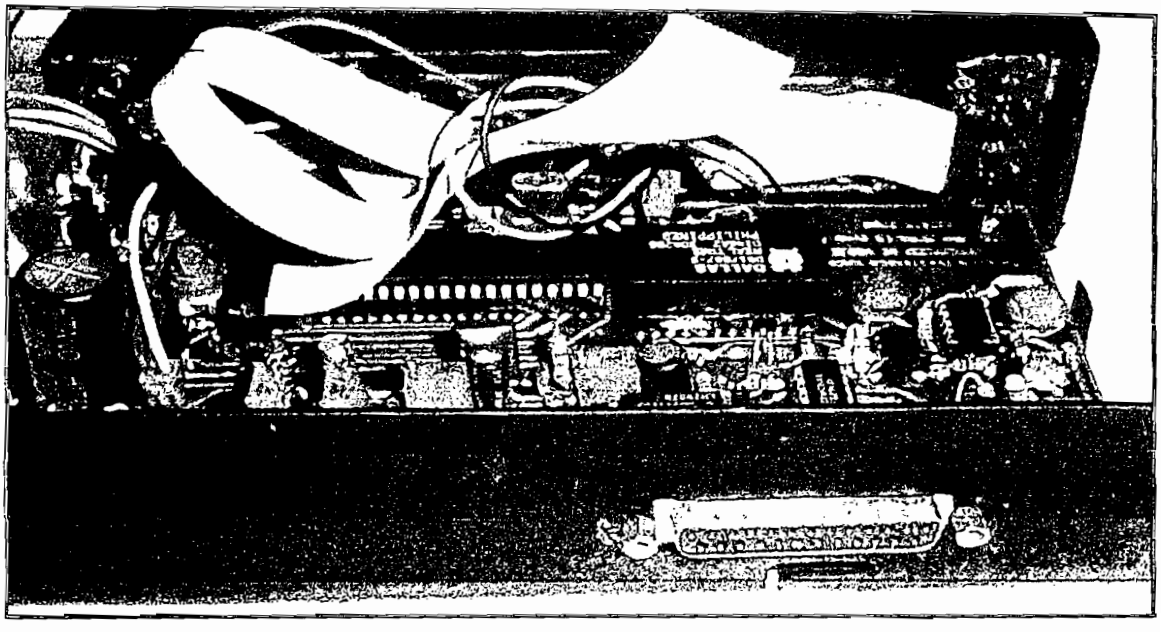


Foto 6.- Vista Interior

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- De las pruebas realizadas al sistema de información se concluye que se cumple con los objetivos planteados, que eran el obtener un equipo que mida y almacene la distancia recorrida y el consumo de combustible de un automotor para permitir el análisis posterior del rendimiento.

- Siguiendo con lo objetivos planteados, se cumplen con el objetivo especifico de calcular y visualizar mediciones de consumo instantáneo, consumo medio, distancia recorrida, distancia por recorrer, velocidad media e instantánea, autonomía, tiempo transcurrido y tiempo de llegada, fecha y hora., habiéndose superado este objetivo al incorporar mediciones de temperatura del motor, temperatura interior y adicionalmente manejar dos conjuntos de datos que le permiten al sistema analizar datos recientes que presentan mayor sensibilidad ante cambios actuales de marcha y permiten un cálculo de la autonomía más exacto. El otro conjunto de datos implementado va acumulando valores de distancia recorrida, combustible consumido y tiempo de viaje transcurrido que permite al conductor al tener una idea del comportamiento del automotor durante los últimas días y semanas.

- Se desarrolló una interfaz sencilla de usar en la cual se puede observar de forma ordenada los datos descargados de la memoria y la posibilidad de almacenar los archivos que se pueden abrir con Excel.

- Las dimensiones del equipo, hacen que este sea instalado en un gran número de automóviles ya que tiene las medidas estándar de los radios para automóviles

- El uso de conversores de frecuencia – voltaje LM2917 para realizar medidas de velocidad instantánea, resultó en una solución técnico – económica más favorable, que la de incluir un microcontrolador con mayor número de temporizadores.

- El uso del RTC reloj en tiempo real DS17887-5 de Dallas Semiconductor, tiene la ventaja de incluir una memoria interna NVRAM de 8Kbytes, la cual tiene tiempos de acceso muy bajo ya que se lo maneja con una interfaz paralela de 8 bits.

- De las pruebas de resistencia del equipo, se puede decir que el sistema de información puede trabajar en todo tipo de carreteras, incluyendo las de mala calidad, por lo que no tendría problemas en cualquier parte del país sin sufrir ningún daño.

6.2 RECOMENDACIONES

- En trabajos futuros a desarrollar en base al sistema diseñado se podría incorporar indicadores visuales y sonoros de alarmas que se activarían ante condiciones de nivel de combustible por debajo del nivel de reserva, al detectar temperaturas del motor por encima del valor máximo permitido y cada vez que la velocidad máxima haya sido sobrepasada.

- Adicionalmente se podría incorporar la opción de encendido (Wape-Up), cuando se produce una interrupción por alarma, que le permite ser encendido automáticamente, a una hora determinada configurando los registros de alarma

permitiendo así un gran ahorro de energía, ya que el circuito únicamente se encendería el momento de tomar las muestras.

- Con el fin reducir el número de componentes del sistema y optimizar aún más su diseño, se podría optar por un microcontrolador PIC de gama alta de la familia PIC18FXXX, los cuales manejan un número de entradas y salidas superior, con memorias de programa que alcanzan los 2MB y hasta 4KB para datos, con mayor velocidad en el procesamiento de datos trabajando con frecuencias de hasta 40 MHz, y quizás la mejor característica la contar con 4 temporizadores, que permitiría evaluar el consumo de combustible con un solo microcontrolador.

- Con el fin de evitarle al conductor la periódica descarga de datos en la PC, se podría ampliar la capacidad de la memoria en desarrollos futuros, utilizando memorias del tipo FLASH E2PROM presentadas en forma de tarjetas intercambiables. Este tipo de tarjeta se utiliza actualmente como soporte de almacenamiento en cámaras fotográficas digitales, debido a su reducido tamaño físico (37 x 45 x 0,76 mm) y altísima capacidad de almacenamiento (existen modelos de 1, 2, 4, 8, 15, 32, 64 y 128 Mbytes). La tarjeta es de tecnología CMOS.

- El sistema podría ser mejorado usando pantallas de cristal líquido con un mayor número de filas, y desplegando caracteres especiales, facilitando de esta manera la interpretación de la información desplegada en la pantalla.

- Al sistema diseñado, se le podría incorporar un sistema de posicionamiento global (GPS), reemplazando la opción de ingreso de distancia a recorrer actualmente implementada en el sistema, ingresándose el punto de destino en un pantalla, en la que se muestre mapas digitalizados del país, quedando a cargo del software de control únicamente el cálculo de la distancia

seleccionada como destino y la posición actual del vehículo, y mucho más idealista suena la idea si estas opciones fuesen activadas por voz.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Creus, Antonio Sole. - "Instrumentación Industrial ", 6ta edición, Alfaomega/Marcombo, 1997, Barcelona.

- Norton Harry N. –"Sensores y Analizadores", Prentice Hall , 1984.

- Coughlin, Robert F, Driscoll, Frederick; "Amplificades Operacionales y CI *lineales. Prentice Hall*, 1993.

- PIC16F877, datasheet. Microchip.

- LM35, datasheet. National semiconductors

- LM2917, datasheet. National semiconductors

- DS17887-5, datasheet. Dallas semiconductors

- Ángulo José Usategui, Ángulo Martínez Ignacio.-"Microcontroladores PIC Diseño practico de aplicaciones" ; 2da edición

- Aprenda Visual Basic 6.0 como si estuviera en primero, Universidad de Navarra.

- Soisson H. – "Instrumentación Industrial" Editorial Limusa, 2da edición, *México, 1990.*

- Hamm G, Buró G. – "Tablas de la técnicas del automóvil", Editorial Reverte, S.A. *14ta edición Barcelona-Bueno Aires-Caracas y México, 1981.*

- Alonso José Manuel. – Tecnologías Avanzadas del automóvil, Editorial *Paraninfo Thomson Learing, S.A, 4ta edición, España 2000.*

- López José Manuel.- "Manual práctico del Automóvil", Editorial cultura S.A, *edición 2da, España1987.*

- García Colín Juan, "Contabilidad de Costos", Editorial McGraw- Hill *Interamericana S.A de C.V, 2 da edición, México.*

- Martínez Gil Hermógenes, "Manual del Automóvil reparación y *mantenimiento* ", *editorial Cultura S.A, edición 2001, España.*

- http://www.bosch.de/index_e.htm

- http://www.sae.org/

- http://www.dalsemi.com

- http://www.autoxuga.com

- http://www.redtecnicaautomoctriz.com

- http://www.microchip.com

- http://www.maxim.com

ANEXOS

PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

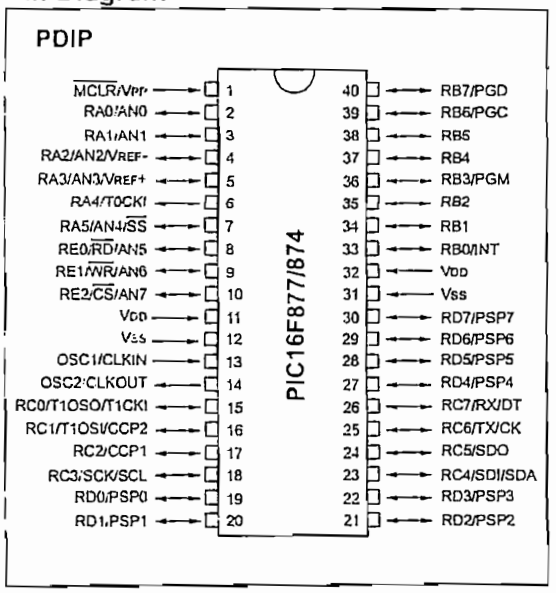
- PIC16F873
- PIC16F874
- PIC16F876
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
  DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
  Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
  Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
  Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram

PDIP

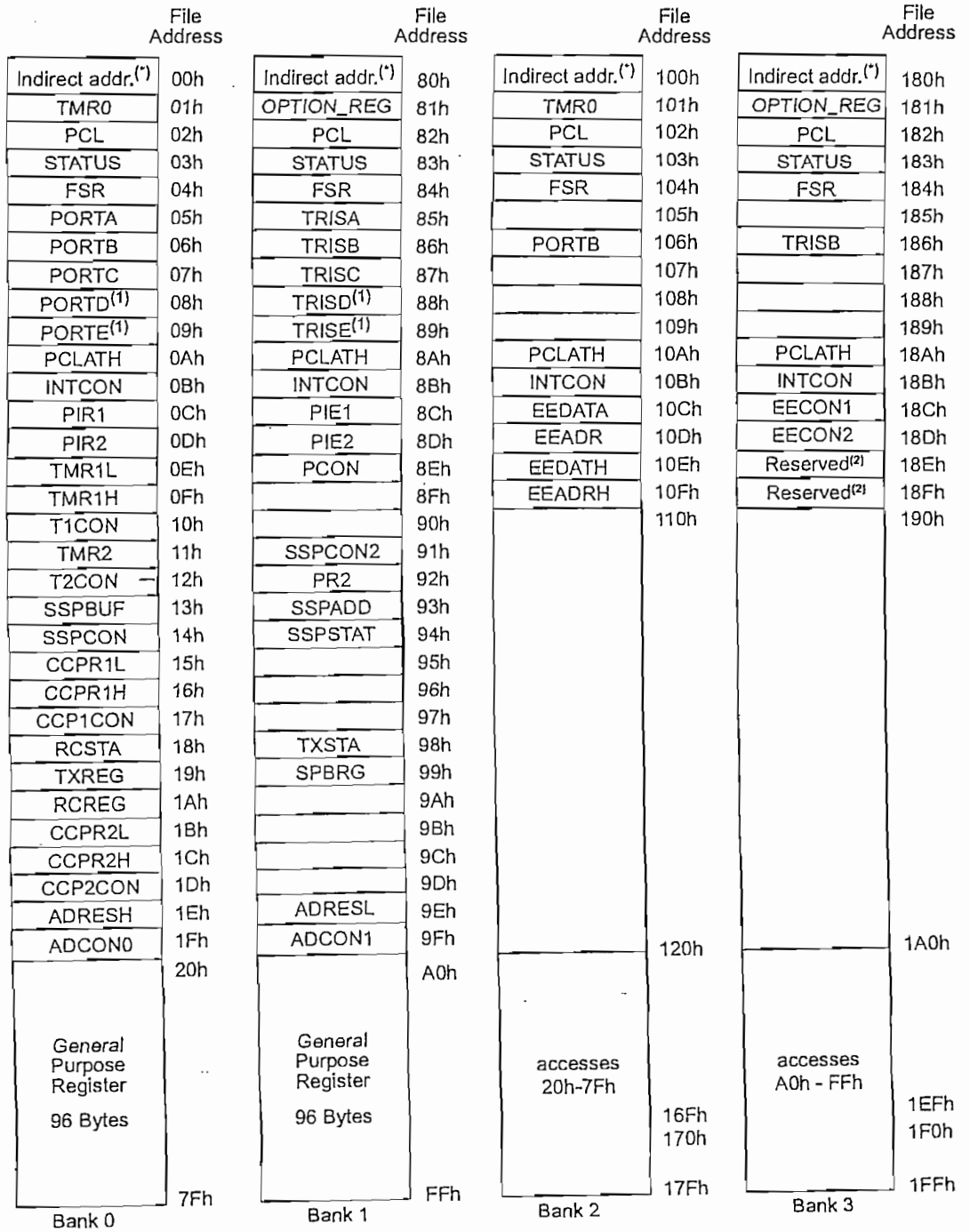


Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during SLEEP via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

© 2001 Microchip Technology Inc.

FIGURE 2-4: PIC16F874/873 REGISTER FILE MAP



Unimplemented data memory locations, read as '0'.

* Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F873.

2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

© 2001 Microchip Technology Inc.

2.2.2 SPECIAL FUNCTION REGISTERS

The Special Function Registers are registers used by the CPU and peripheral modules for controlling the desired operation of the device. These registers are implemented as static RAM. A list of these registers is given in Table 2-1.

The Special Function Registers can be classified into two sets: core (CPU) and peripheral. Those registers associated with the core functions are described in detail in this section. Those related to the operation of the peripheral features are described in detail in the peripheral features section.

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:
Bank 0											
00h(3)	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	27
01h	TMR0	Timer0 Module Register								xxxx xxxx	47
02h(3)	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte								0000 0000	26
03h(3)	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	18
04h(3)	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	27
05h	PORTA	—	—	PORTA Data Latch when written: PORTA pins when read						--0x 0000	29
06h	PORTB	PORTB Data Latch when written: PORTB pins when read								xxxx xxxx	31
07h	PORTC	PORTC Data Latch when written: PORTC pins when read								xxxx xxxx	33
08h(4)	PORTD	PORTD Data Latch when written: PORTD pins when read								xxxx xxxx	35
09h(4)	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	36
0Ah(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	26
0Bh(3)	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	20
0Ch	PIR1	PSPIF(3)	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	22
0Dh	PIR2	—	(5)	—	EEIF	BCLIF	—	—	CCP2IF	-r-0 0--0	24
0Eh	TMR1L	Holding register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	52
0Fh	TMR1H	Holding register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	52
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	51
11h	TMR2	Timer2 Module Register								0000 0000	55
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	55
13h	SSPBUF	Synchronous Serial Port Receive Buffer/Transmit Register								xxxx xxxx	70, 73
14h	SSPCON	WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0	0000 0000	67
15h	CCPR1L	Capture/Compare/PWM Register1 (LSB)								xxxx xxxx	57
16h	CCPR1H	Capture/Compare/PWM Register1 (MSB)								xxxx xxxx	57
17h	CCP1CON	—	—	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	--00 0000	58
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	96
19h	TXREG	USART Transmit Data Register								0000 0000	99
1Ah	RCREG	USART Receive Data Register								0000 0000	101
1Bh	CCPR2L	Capture/Compare/PWM Register2 (LSB)								xxxx xxxx	57
1Ch	CCPR2H	Capture/Compare/PWM Register2 (MSB)								xxxx xxxx	57
1Dh	CCP2CON	—	—	CCP2X	CCP2Y	CCP2M3	CCP2M2	CCP2M1	CCP2M0	--00 0000	58
1Eh	ADRESH	A/D Result Register High Byte								xxxx xxxx	116
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	$\overline{GO/DONE}$	—	ADON	0000 00-0	111

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', r = reserved. Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8> whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
2: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873/876 devices; always maintain these bits clear.
3: These registers can be addressed from any bank.
4: PORTD, PORTE, TRISD, and TRISE are not physically implemented on PIC16F873/876 devices; read as '0'.
5: PIR2<6> and PIE2<6> are reserved on these devices; always maintain these bits clear.

© 2001 Microchip Technology Inc.

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY (CONTINUED)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:
Bank 1											
80h(3)	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	27
81h	OPTION_REG	$\overline{RBPU}$	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	19
82h(3)	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte								0000 0000	26
83h(3)	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	18
84h(3)	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	27
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	29
86h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	31
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	33
88h(4)	TRISD	PORTD Data Direction Register								1111 1111	35
89h(4)	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction Bits			0000 -111	37
8Ah(1,3)	*PCLATH*	—	—	—	*Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter*					---0 0000	26
8Bh(3)	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	20
8Ch	PIE1	PSPIE(2)	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	21
8Dh	PIE2	—	(5)	—	EEIE	BCLIE	—	—	CCP2IE	-r-0 0--0	23
8Eh	PCON	—	—	—	—	—	—	$\overline{POR}$	$\overline{BOR}$	---- --qq	25
8Fh	—	Unimplemented								—	—
90h	—	Unimplemented								—	—
91h	SSPCON2	GCEN	ACKSTAT	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0000 0000	68
92h	PR2	Timer2 Period Register								1111 1111	55
93h	SSPADD	Synchronous Serial Port (I^2C mode) Address Register								0000 0000	73, 74
94h	SSPSTAT	SMP	CKE	D/$\overline{A}$	P	S	R/$\overline{W}$	UA	BF	0000 0000	66
95h	—	Unimplemented								—	—
96h	—	Unimplemented								—	—
97h	—	Unimplemented								—	—
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	95
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	97
9Ah	—	Unimplemented								—	—
9Bh	—	Unimplemented								—	—
9Ch	—	Unimplemented								—	—
9Dh	—	Unimplemented								—	—
9Eh	ADRESL	A/D Result Register Low Byte								xxxx xxxx	116
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	0--- 0000	112

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', r = reserved.
Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8> whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
2: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873/876 devices; always maintain these bits clear.
3: These registers can be addressed from any bank.
4: PORTD, PORTE, TRISD, and TRISE are not physically implemented on PIC16F873/876 devices: read as '0'.
5: PIR2<6> and PIE2<6> are reserved on these devices; always maintain these bits clear.

© 2001 Microchip Technology Inc.

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY (CONTINUED)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:
Bank 2											
100h(3)	INDF	*Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)*								0000 0000	27
101h	TMR0	Timer0 Module Register								xxxx xxxx	47
102h(3)	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte								0000 0000	26
103h(3)	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	18
104h(3)	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	27
105h	—	*Unimplemented*								—	—
106h	PORTB	PORTB Data Latch when written: PORTB pins when read								xxxx xxxx	31
107h	—	Unimplemented								—	—
108h	—	Unimplemented								—	—
109h	—	Unimplemented								—	—
10Ah(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	26
10Bh(3)	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	20
10Ch	EEDATA	EEPROM Data Register Low Byte								xxxx xxxx	41
10Dh	EEADR	EEPROM Address Register Low Byte								xxxx xxxx	41
10Eh	EEDATH	—	—	EEPROM Data Register High Byte						xxxx xxxx	41
10Fh	EEADRH	—	—	—	EEPROM Address Register High Byte					xxxx xxxx	41
Bank 3											
180h(3)	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	27
181h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	19
182h(3)	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte								0000 0000	26
183h(3)	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	18
184h(3)	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	27
185h	—	Unimplemented								—	—
186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	31
187h	—	Unimplemented								—	—
188h	—	Unimplemented								—	—
189h	—	Unimplemented								—	—
18Ah(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	26
18Bh(3)	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	20
18Ch	EECON1	EEPGD	—	—	—	WRERR	WREN	WR	RD	x--- x000	41, 42
18Dh	EECON2	EEPROM Control Register2 (not a physical register)								---- ----	41
18Eh	—	Reserved maintain clear								0000 0000	—
18Fh	—	Reserved maintain clear								0000 0000	—

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', r = reserved.
Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8> whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
2: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873/876 devices; always maintain these bits clear.
3: These registers can be addressed from any bank.
4: PORTD, PORTE, TRISD, and TRISE are not physically implemented on PIC16F873/876 devices; read as '0'.
5: PIR2<6> and PIE2<6> are reserved on these devices; always maintain these bits clear.

© 2001 Microchip Technology Inc.

10.2 USART Asynchronous Mode

In this mode, the USART uses standard non-return-to-zero (NRZ) format (one START bit, eight or nine data bits, and one STOP bit). The most common data format is 8-bits. An on-chip, dedicated, 8-bit baud rate generator can be used to derive standard baud rate frequencies from the oscillator. The USART transmits and receives the LSb first. The transmitter and receiver are functionally independent, but use the same data format and baud rate. The baud rate generator produces a clock, either x16 or x64 of the bit shift rate, depending on bit BRGH (TXSTA<2>). Parity is not supported by the hardware, but can be implemented in software (and stored as the ninth data bit). Asynchronous mode is stopped during SLEEP.

Asynchronous mode is selected by clearing bit SYNC (TXSTA<4>).

The USART Asynchronous module consists of the following important elements:

- Baud Rate Generator
- Sampling Circuit
- Asynchronous Transmitter
- Asynchronous Receiver

10.2.1 USART ASYNCHRONOUS TRANSMITTER

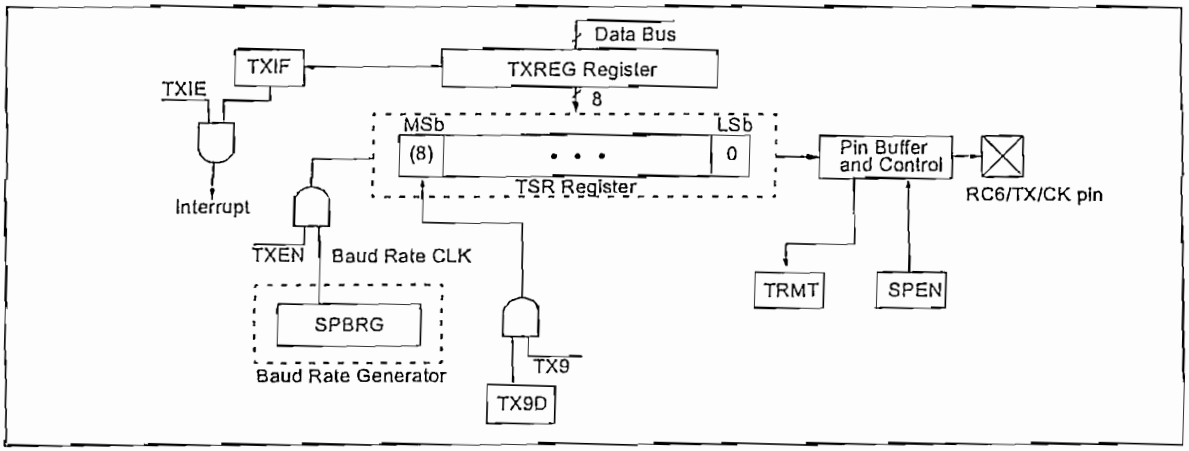
The USART transmitter block diagram is shown in Figure 10-1. The heart of the transmitter is the transmit (serial) shift register (TSR). The shift register obtains its data from the read/write transmit buffer, TXREG. The TXREG register is loaded with data in software. The TSR register is not loaded until the STOP bit has been transmitted from the previous load. As soon as the STOP bit is transmitted, the TSR is loaded with new data from the TXREG register (if available). Once the TXREG register transfers the data to the TSR register (occurs in one TCY), the TXREG register is empty and flag bit TXIF (PIR1<4>) is set. This interrupt can be enabled/disabled by setting/clearing enable bit TXIE (PIE1<4>). Flag bit TXIF will be set, regardless of the state of enable bit TXIE and cannot be cleared in software. It will reset only when new data is loaded into the TXREG register. While flag bit TXIF indicates the status of the TXREG register, another bit TRMT (TXSTA<1>) shows the status of the TSR register. Status bit TRMT is a read only bit, which is set when the TSR register is empty. No interrupt logic is tied to this bit, so the user has to poll this bit in order to determine if the TSR register is empty.

Note	1: The TSR register is not mapped in data memory, so it is not available to the user.
	2: Flag bit TXIF is set when enable bit TXEN is set. TXIF is cleared by loading TXREG.

Transmission is enabled by setting enable bit TXEN (TXSTA<5>). The actual transmission will not occur until the TXREG register has been loaded with data and the baud rate generator (BRG) has produced a shift clock (Figure 10-2). The transmission can also be started by first loading the TXREG register and then setting enable bit TXEN. Normally, when transmission is first started, the TSR register is empty. At that point, transfer to the TXREG register will result in an immediate transfer to TSR, resulting in an empty TXREG. A back-to-back transfer is thus possible (Figure 10-3). Clearing enable bit TXEN during a transmission will cause the transmission to be aborted and will reset the transmitter. As a result, the RC6/TX/CK pin will revert to hi-impedance.

In order to select 9-bit transmission, transmit bit TX9 (TXSTA<6>) should be set and the ninth bit should be written to TX9D (TXSTA<0>). The ninth bit must be written before writing the 8-bit data to the TXREG register. This is because a data write to the TXREG register can result in an immediate transfer of the data to the TSR register (if the TSR is empty). In such a case, an incorrect ninth data bit may be loaded in the TSR register.

FIGURE 10-1: USART TRANSMIT BLOCK DIAGRAM



When setting up an Asynchronous Transmission, follow these steps:

1. Initialize the SPBRG register for the appropriate baud rate. If a high speed baud rate is desired, set bit BRGH (Section 10.1).
2. Enable the asynchronous serial port by clearing bit SYNC and setting bit SPEN.
3. If interrupts are desired, then set enable bit TXIE.
4. If 9-bit transmission is desired, then set transmit bit TX9.
5. Enable the transmission by setting bit TXEN, which will also set bit TXIF.
6. If 9-bit transmission is selected, the ninth bit should be loaded in bit TX9D.
7. Load data to the TXREG register (starts transmission).
8. If using interrupts, ensure that GIE and PEIE (bits 7 and 6) of the INTCON register are set.

FIGURE 10-2: ASYNCHRONOUS MASTER TRANSMISSION

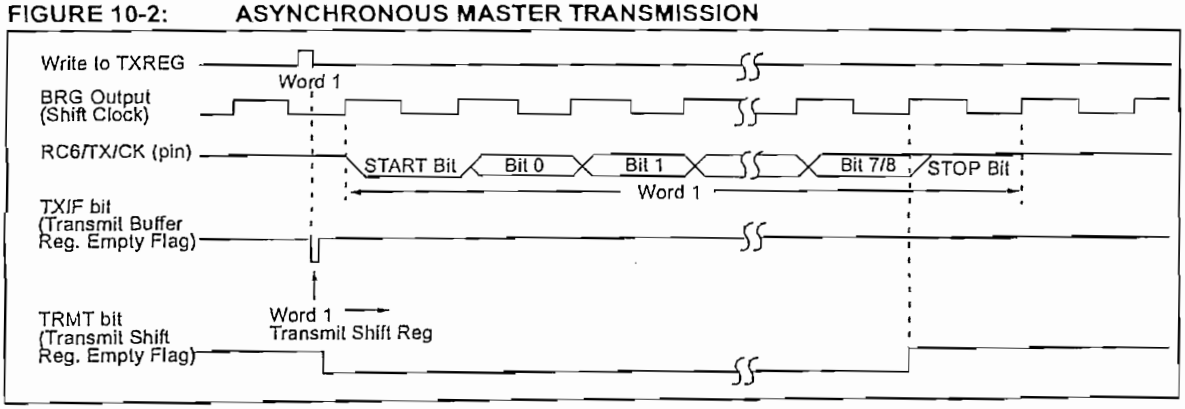
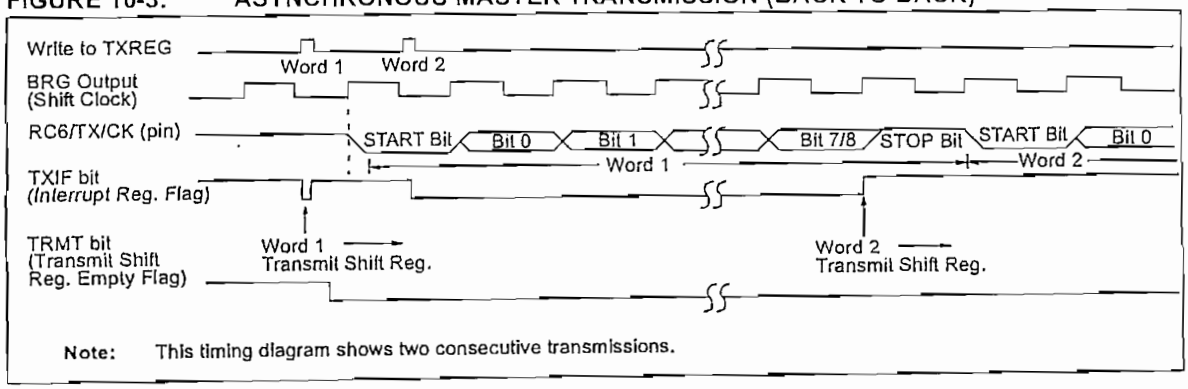


FIGURE 10-3: ASYNCHRONOUS MASTER TRANSMISSION (BACK TO BACK)



Note: This timing diagram shows two consecutive transmissions.

TABLE 10-5: REGISTERS ASSOCIATED WITH ASYNCHRONOUS TRANSMISSION

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other RESETS
0Bh, 8Bh, 10Bh,18Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF(1)	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	—	FERR	OERR	RX9D	0000 -00x	0000 -00x
19h	TXREG	USART Transmit Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE(1)	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used for asynchronous transmission.
Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on the PIC16F873/876; always maintain these bits clear.

© 2001 Microchip Technology Inc.

10.2.2 USART ASYNCHRONOUS RECEIVER

The receiver block diagram is shown in Figure 10-4. The data is received on the RC7/RX/DT pin and drives the data recovery block. The data recovery block is actually a high speed shifter, operating at x16 times the baud rate; whereas, the main receive serial shifter operates at the bit rate or at Fosc.

Once Asynchronous mode is selected, reception is enabled by setting bit CREN (RCSTA<4>).

The heart of the receiver is the receive (serial) shift register (RSR). After sampling the STOP bit, the received data in the RSR is transferred to the RCREG register (if it is empty). If the transfer is complete, flag bit RCIF (PIR1<5>) is set. The actual interrupt can be enabled/disabled by setting/clearing enable bit RCIE (PIE1<5>). Flag bit RCIF is a read only bit, which is cleared by the hardware. It is cleared when the RCREG register has been read and is empty. The RCREG is a double buffered register (i.e., it is a two deep FIFO). It is possible for two bytes of data to be received and transferred to the RCREG FIFO and a third byte to begin shifting to the RSR register. On the detection of the STOP bit of the third byte, if the RCREG register is still full, the overrun error bit OERR (RCSTA<1>) will be set. The word in the RSR will be lost. The RCREG register can be read twice to retrieve the two bytes in the FIFO. Overrun bit OERR has to be cleared in software. This is done by resetting the receive logic (CREN is cleared and then set). If bit OERR is set, transfers from the RSR register to the RCREG register are inhibited, and no further data will be received. It is therefore, essential to clear error bit OERR if it is set. Framing error bit FERR (RCSTA<2>) is set if a STOP bit is detected as clear. Bit FERR and the 9th receive bit are buffered the same way as the receive data. Reading the RCREG will load bits RX9D and FERR with new values, therefore, it is essential for the user to read the RCSTA register before reading the RCREG register in order not to lose the old FERR and RX9D information.

FIGURE 10-4: USART RECEIVE BLOCK DIAGRAM

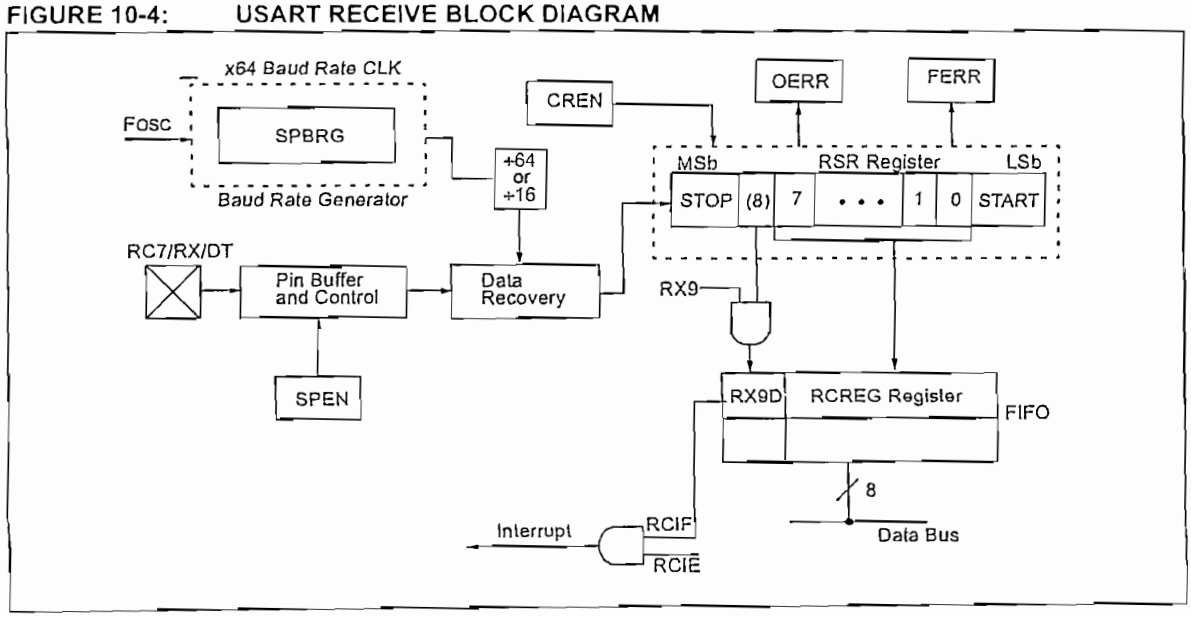
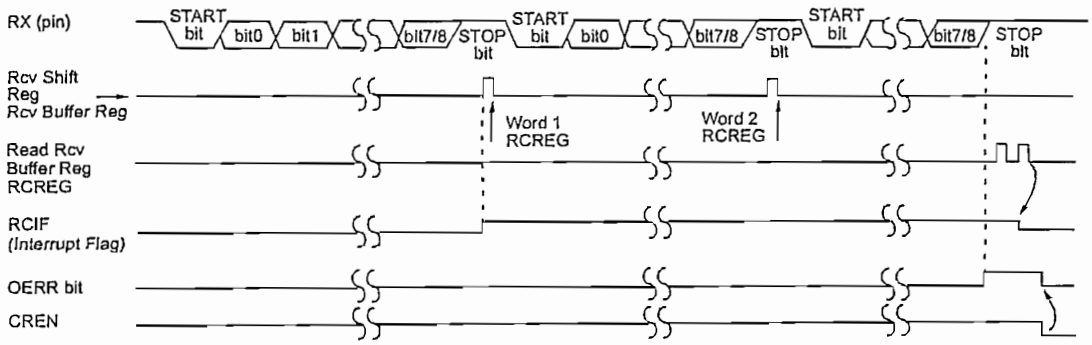


FIGURE 10-5: ASYNCHRONOUS RECEPTION



Note: This timing diagram shows three words appearing on the RX input. The RCREG (receive buffer) is read after the third word, causing the OERR (overrun) bit to be set.

When setting up an Asynchronous Reception, follow these steps:

1. Initialize the SPBRG register for the appropriate baud rate. If a high speed baud rate is desired, set bit BRGH (Section 10.1).
2. Enable the asynchronous serial port by clearing bit SYNC and setting bit SPEN.
3. If interrupts are desired, then set enable bit RCIE.
4. If 9-bit reception is desired, then set bit RX9.
5. Enable the reception by setting bit CREN.
6. Flag bit RCIF will be set when reception is complete and an interrupt will be generated if enable bit RCIE is set.
7. Read the RCSTA register to get the ninth bit (if enabled) and determine if any error occurred during reception.
8. Read the 8-bit received data by reading the RCREG register.
9. If any error occurred, clear the error by clearing enable bit CREN.
10. If using interrupts, ensure that GIE and PEIE (bits 7 and 6) of the INTCON register are set.

TABLE 10-6: REGISTERS ASSOCIATED WITH ASYNCHRONOUS RECEPTION

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other RESETS
0Bh, 8Bh, 10Bh,18Bh	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF(1)	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	—	FERR	OERR	RX9D	0000 -00x	0000 -00x
1Ah	RCREG	USART Receive Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE(1)	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used for asynchronous reception.
Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873/876 devices; always maintain these bits clear.

© 2001 Microchip Technology Inc.

11.0 ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

The Analog-to-Digital (A/D) Converter module has five inputs for the 28-pin devices and eight for the other devices.

The analog input charges a sample and hold capacitor. The output of the sample and hold capacitor is the input into the converter. The converter then generates a digital result of this analog level via successive approximation. The A/D conversion of the analog input signal results in a corresponding 10-bit digital number. The A/D module has high and low voltage reference input that is software selectable to some combination of VDD, VSS, RA2, or RA3.

The A/D converter has a unique feature of being able to operate while the device is in SLEEP mode. To operate in SLEEP, the A/D clock must be derived from the A/D's internal RC oscillator.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register0 (ADCON0)
- A/D Control Register1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 11-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 11-2, configures the functions of the port pins. The port pins can be configured as analog inputs (RA3 can also be the voltage reference), or as digital I/O.

Additional information on using the A/D module can be found in the PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

REGISTER 11-1: ADCON0 REGISTER (ADDRESS: 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0:** A/D Conversion Clock Select bits
00 = FOSC/2
01 = FOSC/8
10 = FOSC/32
11 = FRC (clock derived from the internal A/D module RC oscillator)

bit 5-3 **CHS2:CHS0:** Analog Channel Select bits
000 = channel 0, (RA0/AN0)
001 = channel 1, (RA1/AN1)
010 = channel 2, (RA2/AN2)
011 = channel 3, (RA3/AN3)
100 = channel 4, (RA5/AN4)
101 = channel 5, (RE0/AN5)(1)
110 = channel 6, (RE1/AN6)(1)
111 = channel 7, (RE2/AN7)(1)

bit 2 **GO/DONE:** A/D Conversion Status bit
If ADON = 1:
1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion)
0 = A/D conversion not in progress (this bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)

bit 1 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 0 **ADON:** A/D On bit
1 = A/D converter module is operating
0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current

Note 1: These channels are not available on PIC16F873/876 devices.

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

REGISTER 11-2: ADCON1 REGISTER (ADDRESS 9Fh)

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit
1 = Right justified. 6 Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
0 = Left justified. 6 Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6-4 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 3-0 ***PCFG3:PCFG0:*** *A/D Port Configuration Control bits:*

PCFG3: PCFG0	AN7(1) RE2	AN6(1) RE1	AN5(1) RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs(2)
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Analog Input D = Digital I/O

Note 1: These channels are not available on PIC16F873/876 devices.
2: This column indicates the number of analog channels available as A/D inputs and the number of analog channels used as voltage reference inputs.

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

The ADRESH:ADRESL registers contain the 10-bit result of the A/D conversion. When the A/D conversion is complete, the result is loaded into this A/D result register pair, the GO/$\overline{\text{DONE}}$ bit (ADCON0<2>) is cleared and the A/D interrupt flag bit ADIF is set. The block diagram of the A/D module is shown in Figure 11-1.

After the A/D module has been configured as desired, the selected channel must be acquired before the conversion is started. The analog input channels must have their corresponding TRIS bits selected as inputs.

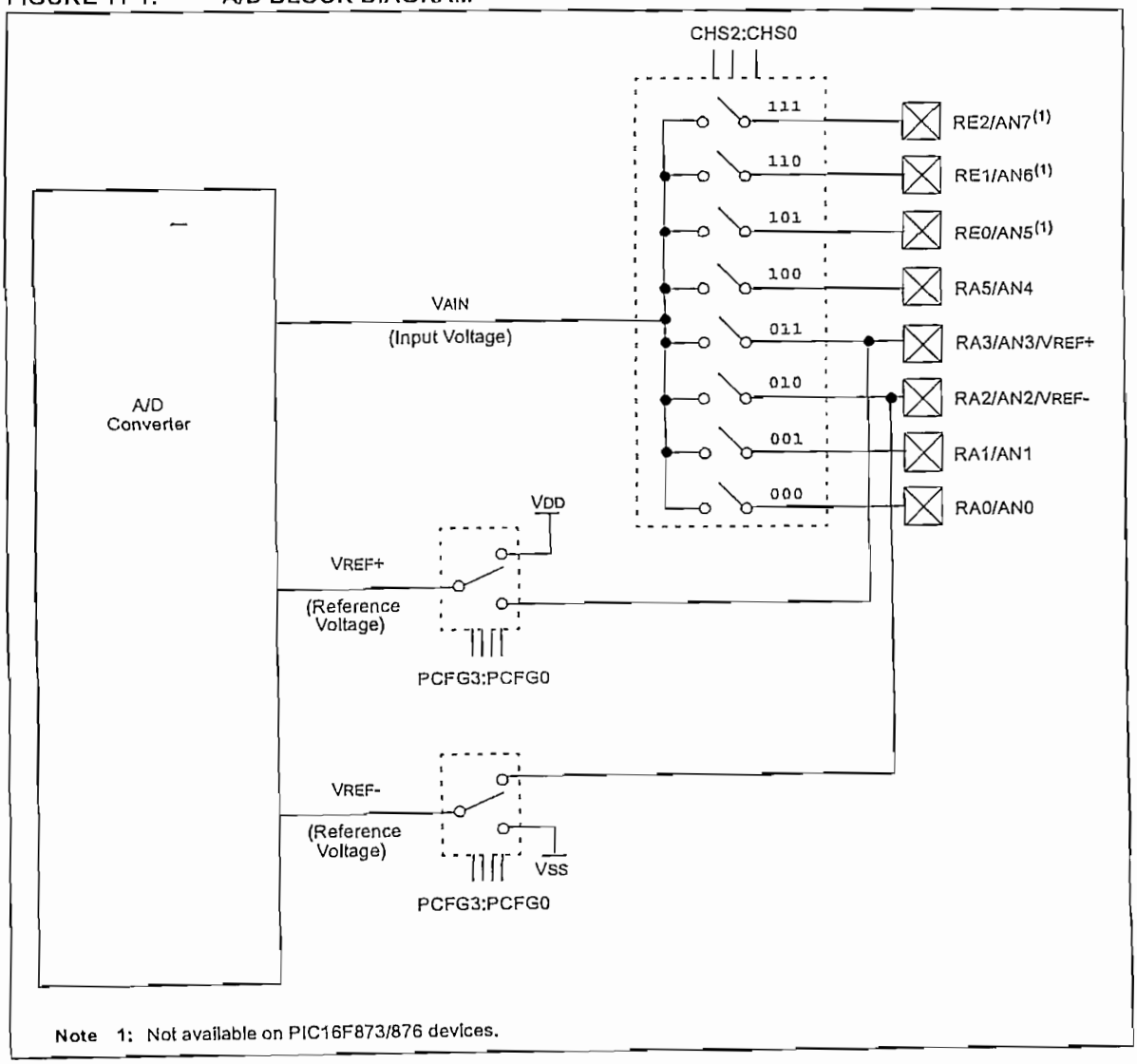
To determine sample time, see Section 11.1. After this acquisition time has elapsed, the A/D conversion can be started.

© 2001 Microchip Technology Inc.

These steps should be followed for doing an A/D Conversion:

1. Configure the A/D module:
   - Configure analog pins/voltage reference and digital I/O (ADCON1)
   - Select A/D input channel (ADCON0)
   - Select A/D conversion clock (ADCON0)
   - Turn on A/D module (ADCON0)
2. Configure A/D interrupt (if desired):
   - Clear ADIF bit
   - Set ADIE bit
   - Set PEIE bit
   - Set GIE bit
3. Wait the required acquisition time.
4. Start conversion:
   - Set GO/$\overline{\text{DONE}}$ bit (ADCON0)
5. Wait for A/D conversion to complete, by either:
   - Polling for the GO/$\overline{\text{DONE}}$ bit to be cleared (with interrupts enabled); OR
   - Waiting for the A/D interrupt
6. Read A/D result register pair (ADRESH:ADRESL), clear bit ADIF if required.
7. *For the next conversion, go to step 1 or step 2,* as required. The A/D conversion time per bit is defined as TAD. A minimum wait of 2TAD is required before the next acquisition starts.

FIGURE 11-1: A/D BLOCK DIAGRAM



Note 1: Not available on PIC16F873/876 devices.

TABLE 13-2: PIC16F87X INSTRUCTION SET

Mnemonic, Operands		Description	Cycles	14-Bit Opcode MSb			LSb	Status Affected	Notes
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00	0111	dfff	ffff	C,DC,Z	1,2
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00	0101	dfff	ffff	Z	1,2
CLRF	f	Clear f	1	00	0001	lfff	ffff	Z	2
CLRW	-	Clear W	1	00	0001	0xxx	xxxx	Z	
COMF	f, d	Complement f	1	00	1001	dfff	ffff	Z	1,2
DECF	f, d	Decrement f	1	00	0011	dfff	ffff	Z	1,2
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00	1011	dfff	ffff		1,2,3
INCF	f, d	Increment f	1	00	1010	dfff	ffff	Z	1,2
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00	1111	dfff	ffff		1,2,3
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00	0100	dfff	ffff	Z	1,2
MOVF	f, d	Move f	1	00	1000	dfff	ffff	Z	1,2
MOVWF	f	Move W to f	1	00	0000	lfff	ffff		
NOP	-	No Operation	1	00	0000	0xx0	0000		
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00	1101	dfff	ffff	C	1,2
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100	dfff	ffff	C	1,2
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00	0010	dfff	ffff	C,DC,Z	1,2
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00	1110	dfff	ffff		1,2
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00	0110	dfff	ffff	Z	1,2
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01	00bb	bfff	ffff		1,2
BSF	f, b	Bit Set f	1	01	01bb	bfff	ffff		1,2
BTFSC	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1 (2)	01	10bb	bfff	ffff		3
BTFSS	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1 (2)	01	11bb	bfff	ffff		3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS									
ADDLW	k	Add literal and W	1	11	111x	kkkk	kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k	AND literal with W	1	11	1001	kkkk	kkkk	Z	
CALL	k	Call subroutine	2	10	0kkk	kkkk	kkkk		
CLRWDT	-	Clear Watchdog Timer	1	00	0000	0110	0100	$\overline{TO}$,$\overline{PD}$	
GOTO	k	Go to address	2	10	1kkk	kkkk	kkkk		
IORLW	k	Inclusive OR literal with W	1	11	1000	kkkk	kkkk	Z	
MOVLW	k	Move literal to W	1	11	00xx	kkkk	kkkk		
RETFIE	-	Return from Interrupt	2	00	0000	0000	1001		
RETLW	k	Return with literal in W	2	11	01xx	kkkk	kkkk		
RETURN	-	Return from Subroutine	2	00	0000	0000	1000		
SLEEP	-	Go into standby mode	1	00	0000	0110	0011	$\overline{TO}$,$\overline{PD}$	
SUBLW	k	Subtract W from literal	1	11	110x	kkkk	kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k	Exclusive OR literal with W	1	11	1010	kkkk	kkkk	Z	

Note 1: When an I/O register is modified as a function of itself (e.g., `MOVF PORTB, 1`), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.

2: If this instruction is executed on the TMR0 register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned to the Timer0 module.

3: If Program Counter (PC) is modified, or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a `NOP`.

Note: Additional information on the mid-range instruction set is available in the PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

© 2001 Microchip Technology Inc.

DALLAS SEMICONDUCTOR

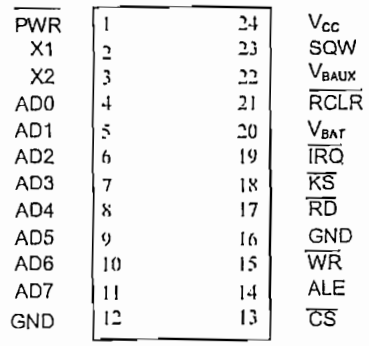
DS17885/DS17887
3 Volts/5 Volts Real Time Clock

www.dalsemi.com

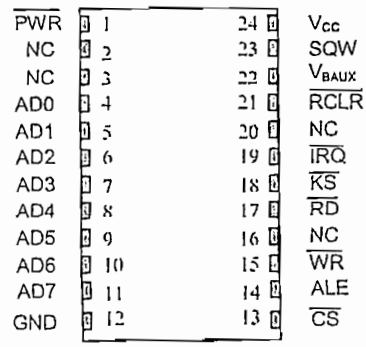
FEATURES

- Incorporates industry standard DS1287 PC clock plus enhanced features:
  - Y2K-compliant
  - +3 or +5V operation
  - SMI recovery stack
  - 64-bit silicon serial number
  - Power control circuitry supports system power-on from date/time alarm or key closure
  - 32 kHz output on power-up
  - Crystal select bit allows RTC to operate with 6 pF or 12.5 pF crystal
- 114 bytes user NV RAM
- Auxiliary battery input
- 8 kbytes additional NV RAM
- RAM clear input
- Century register
- Date alarm register
- Compatible with existing BIOS for original DS1287 functions
- Available as chip (DS17885) or stand-alone module with embedded battery and crystal (DS17887)
- Timekeeping algorithm includes leap year compensation valid up to 2100

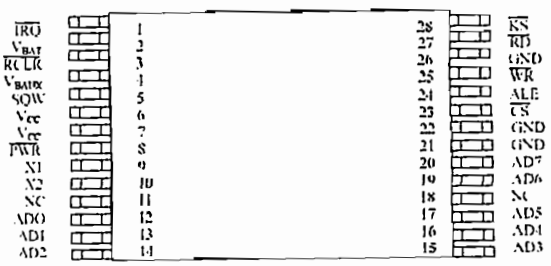
PIN ASSIGNMENT



DS17885 24-Pin DIP
DS17885S 24-Pin SOIC



DS17887 24-Pin
Encapsulated Package



DS17885E 28-Pin TSOP

ORDERING INFORMATION

PART #	DESCRIPTION
DS17885XX-X	RTC Chip
3	+3V operating range
5	+5V operating range
blank	commercial temp range
N	industrial temp range
blank	24-pin DIP
E	28- pin TSOP
S	24- pin SOIC
DS17887X-X	RTC Module; 24-pin DIP
3	+3V operating range
5	+5V operating range
blank	commercial temp range
N	industrial

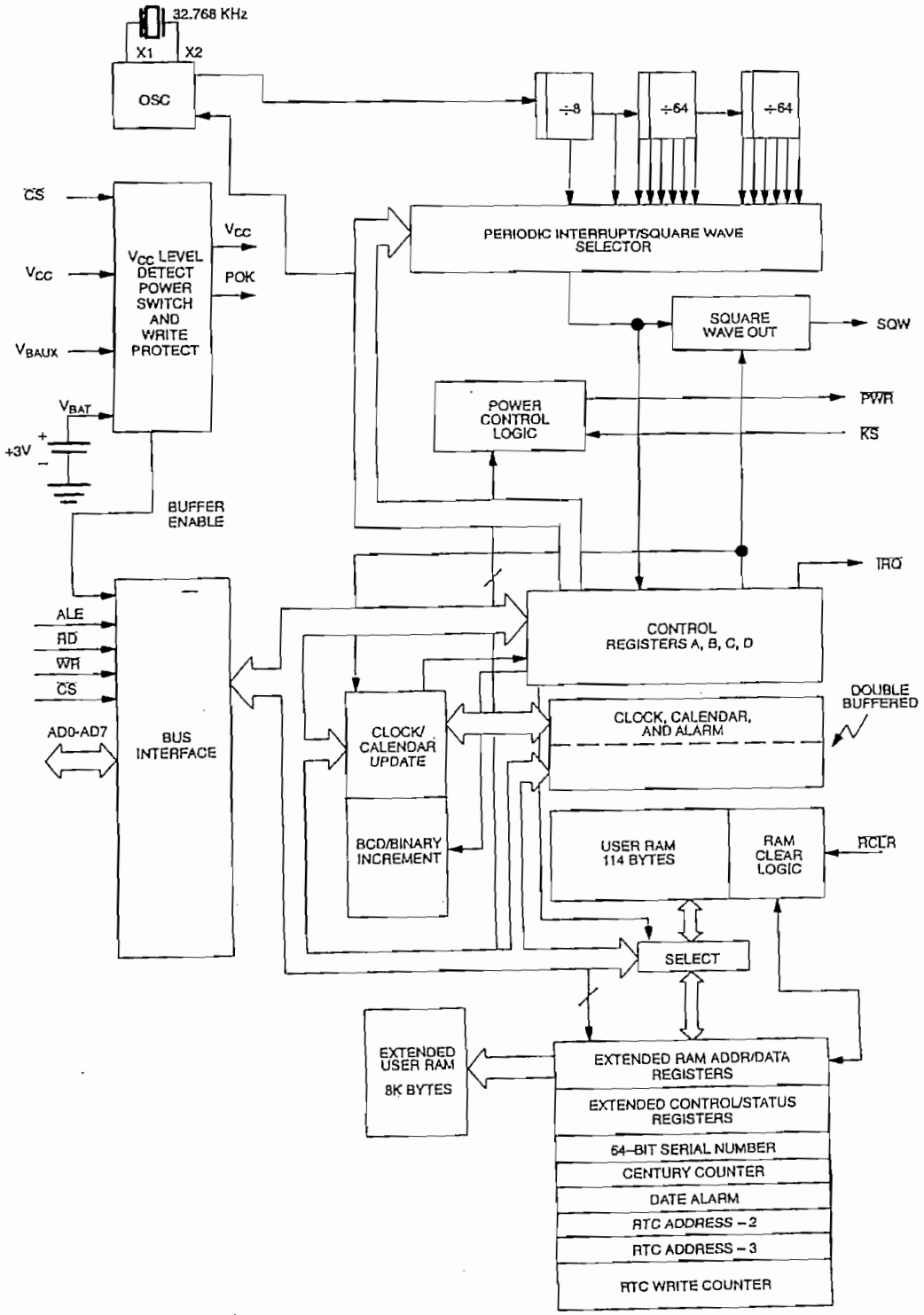
PIN DESCRIPTION

X1	-	Crystal Input
X2	-	Crystal Output
$\overline{RCLR}$	-	RAM Clear Input
AD0-AD7	-	Multiplexed Address/Data Bus
$\overline{PWR}$	-	Power-on Interrupt Output (open drain)
$\overline{KS}$	-	Kickstart Input
$\overline{CS}$	-	RTC Chip Select Input
ALE	-	RTC Address Strobe
$\overline{WR}$	-	RTC Write Data Strobe
$\overline{RD}$	-	RTC Read Data Strobe
$\overline{IRQ}$	-	Interrupt Request Output (open drain)
SQW	-	Square Wave Output
V_{CC}	-	+3 or +5V Main Supply
GND	-	Ground
V_{BAT}	-	Battery + Supply
V_{BAUX}	-	Auxiliary Battery Supply
NC	-	No Connect

DESCRIPTION

The DS17885/DS17887 is a real time clock (RTC) designed as a successor to the industry standard DS1285, DS1385, DS1485, DS1585, and DS1685 PC real time clocks. This device provides the industry standard DS1285 clock function with either +3.0 or +5.0-volt operation. The DS17885 also incorporates a number of enhanced features, including a silicon serial number, power on/off control circuitry, 114 bytes of user NV SRAM plus 8 kbytes of additional NV RAM, and 32.768 kHz output for sustaining power management activities.

DS17885/DS17887 BLOCK DIAGRAM Figure 1

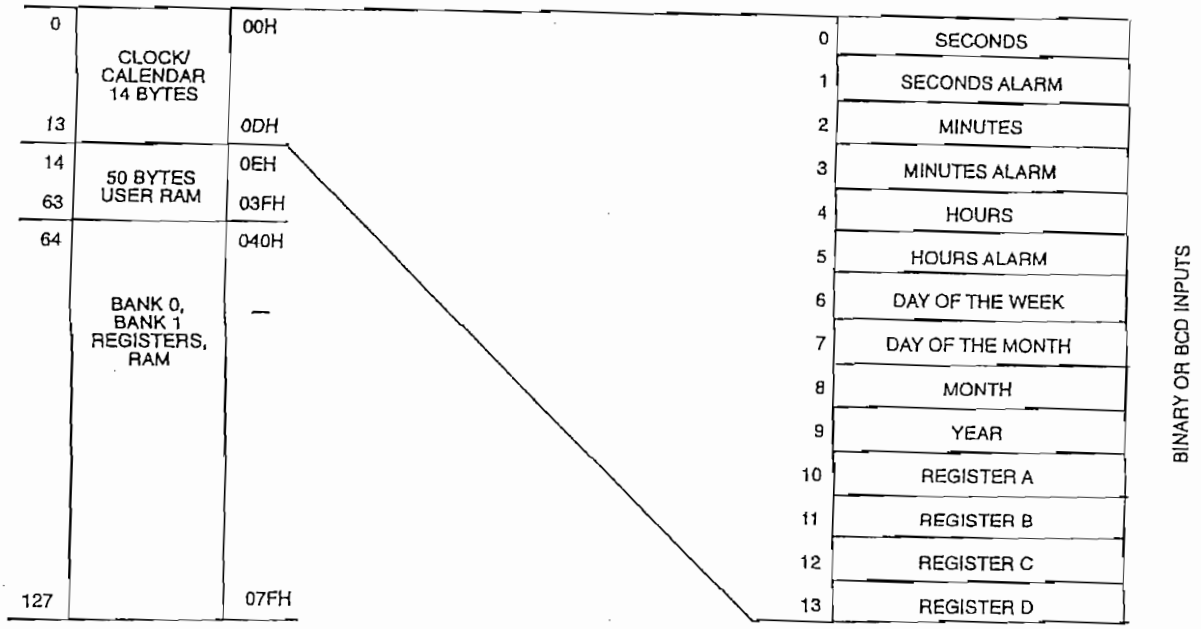


RTC ADDRESS MAP

The address map for the RTC registers of the DS17885/DS17887 is shown in Figure 2. The address map consists of the 14 clock/calendar registers. Ten registers contain the time, calendar, and alarm data, and bytes are used for control and status. All registers can be directly written or read except for the following:

- Registers C and D are read-only.
- Bit-7 of Register A is read-only.
- The high order bit of the seconds byte is read-only.

DS17885 REAL TIME CLOCK ADDRESS MAP Figure 2



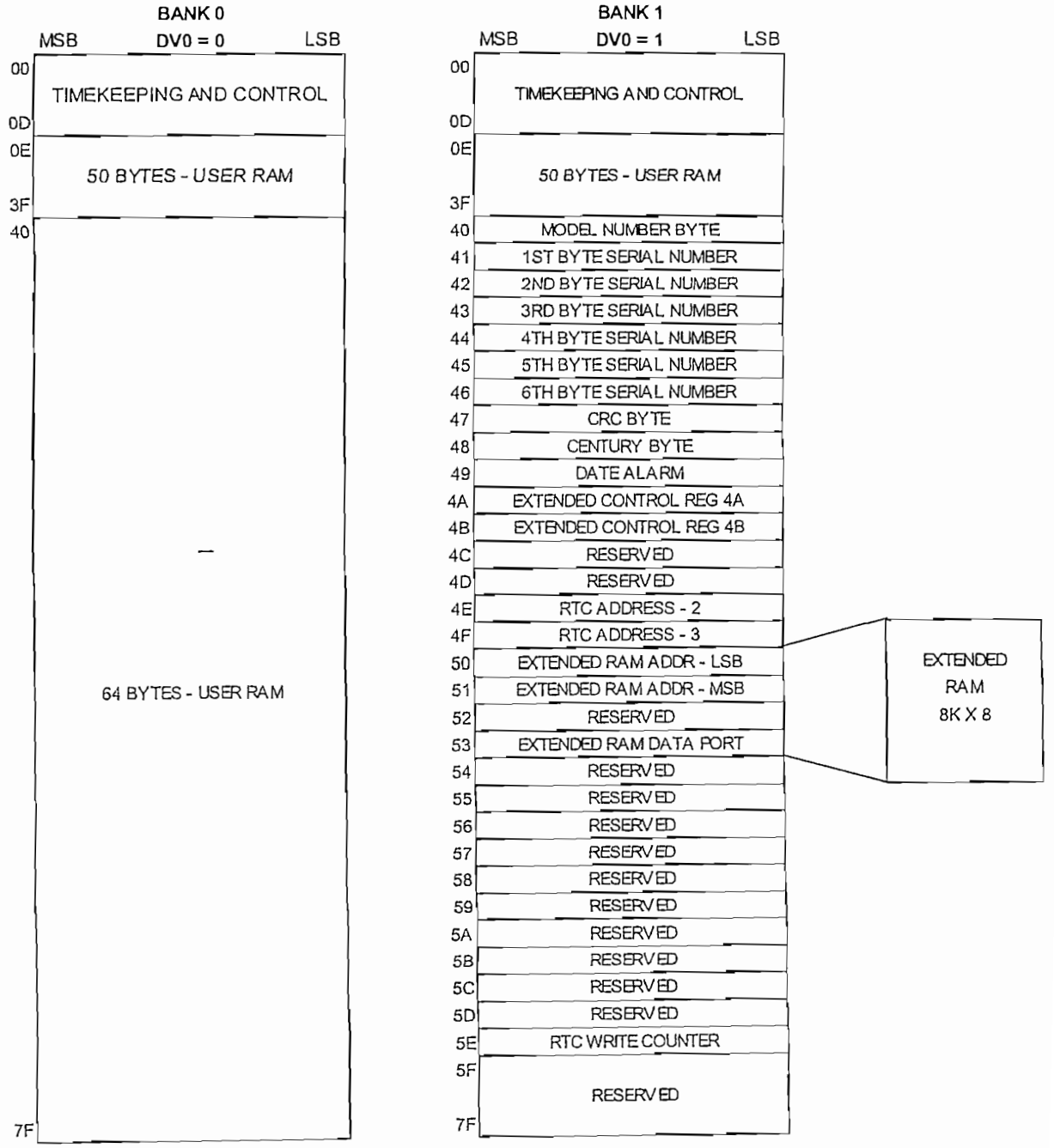
TIME, CALENDAR AND ALARM LOCATIONS

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes shown in Table 1. The time, calendar, and alarm are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time, calendar, and alarm registers can be either Binary or Binary-Coded Decimal (BCD) format. Table 1 shows the binary and BCD formats of the ten time, calendar, and alarm locations that reside in both bank 0 and in bank 1, plus the two extended registers that reside in bank 1 only (bank 0 and bank 1 switching will be explained later in this text).

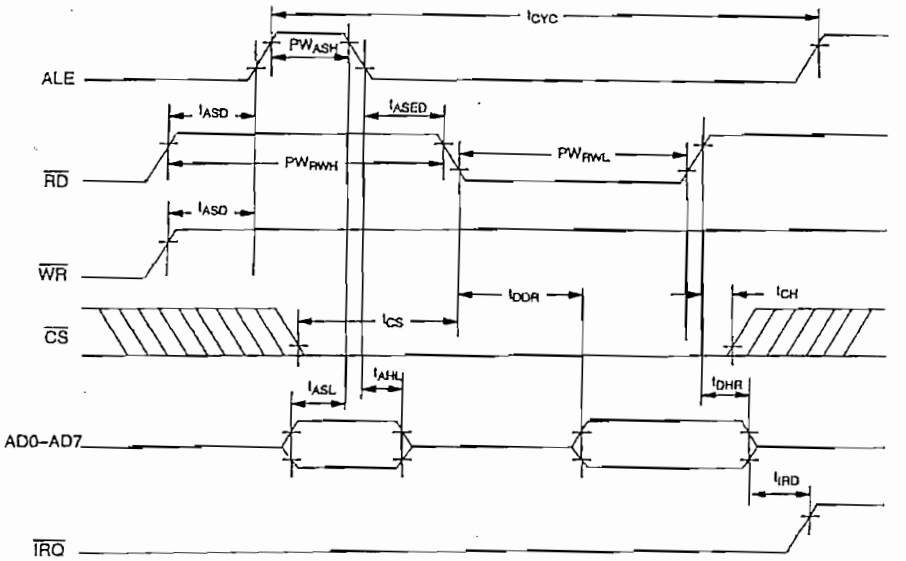
Before writing the internal time, calendar, and alarm registers, the SET bit in Register B should be written to a logic 1 to prevent updates from occurring while access is being attempted. Also at this time, the data format (binary or BCD), should be set via the data mode bit (DM) of Register B. All time, calendar, and alarm registers must use the same data mode. The set bit in Register B should be cleared after the data mode bit has been written to allow the real time clock to update the time and calendar bytes.

Once initialized, the real time clock makes all updates in the selected mode. The data mode cannot be changed without reinitializing the 10 data bytes. The 24/12 bit cannot be changed without reinitializing the hour locations. When the 12-hour format is selected, the high order bit of the hours byte represents

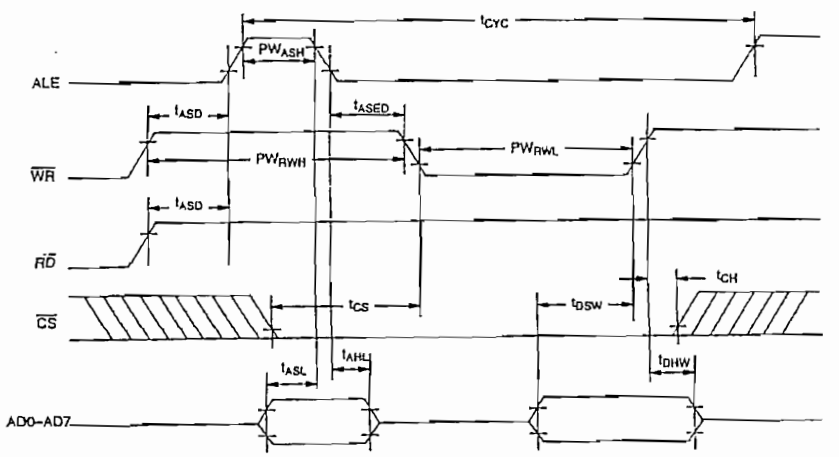
DS17885/DS17887 EXTENDED REGISTER BANK DEFINITION Figure 4



S17885/DS17887 BUS TIMING FOR READ CYCLE TO RTC AND RTC EGISTERS



)S17885/DS17887 BUS TIMING FOR WRITE CYCLE TO RTC AND RTC REGISTERS



National Semiconductor

June 2000

LM2907/LM2917
Frequency to Voltage Converter

General Description

The LM2907, LM2917 series are monolithic frequency to voltage converters with a high gain op amp/comparator designed to operate a relay, lamp, or other load when the input frequency reaches or exceeds a selected rate. The tachometer uses a charge pump technique and offers frequency doubling for low ripple, full input protection in two versions (LM2907-8, LM2917-8) and its output swings to ground for a zero frequency input.

The op amp/comparator is fully compatible with the tachometer and has a floating transistor as its output. This feature allows either a ground or supply referred load of up to 50 mA. The collector may be taken above V_{CC} up to a maximum V_{CE} of 28V.

The two basic configurations offered include an 8-pin device with a *ground referenced tachometer* input and an internal connection between the tachometer output and the op amp non-inverting input. This version is well suited for single speed or frequency switching or fully buffered frequency to voltage conversion applications.

The more versatile configurations provide differential tachometer input and uncommitted op amp inputs. With this version the tachometer input may be floated and the op amp becomes suitable for active filter conditioning of the tachometer output.

Both of these configurations are available with an active shunt regulator connected across the power leads. The regulator clamps the supply such that stable frequency to voltage and frequency to current operations are possible with any supply voltage and a suitable resistor.

Advantages

- Output swings to ground for zero frequency input
- Easy to use: $V_{OUT} = f_{IN} \times V_{CC} \times R1 \times C1$
- Only one RC network provides frequency doubling
- Zener regulator on chip allows accurate and stable frequency to voltage or current conversion (LM2917)

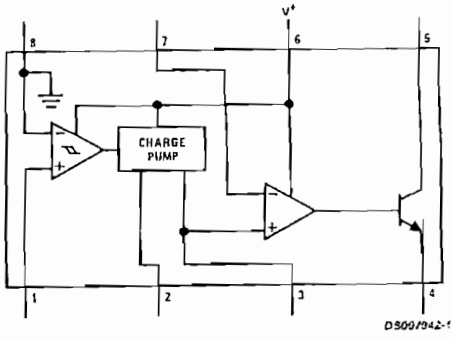
Features

- Ground referenced tachometer input interfaces directly with variable reluctance magnetic pickups
- Op amp/comparator has floating transistor output
- 50 mA sink or source to operate relays, solenoids, meters, or LEDs
- Frequency doubling for low ripple
- Tachometer has built-in hysteresis with either differential input or ground referenced input
- Built-in zener on LM2917
- ±0.3% linearity typical
- Ground referenced tachometer is fully protected from damage due to swings above V_{CC} and below ground

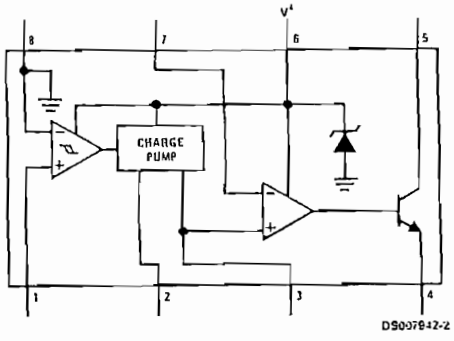
Applications

- Over/under speed sensing
- Frequency to voltage conversion (tachometer)
- Speedometers
- Breaker point dwell meters
- Hand-held tachometer
- Speed governors
- Cruise control
- Automotive door lock control
- Clutch control
- Horn control
- Touch or sound switches

Block and Connection Diagrams Dual-In-Line and Small Outline Packages, Top Views



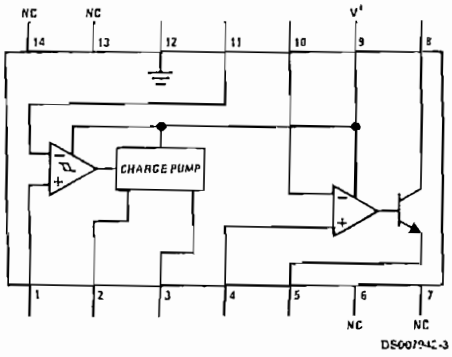
Order Number LM2907M-8 or LM2907N-8
See NS Package Number M08A or N08E



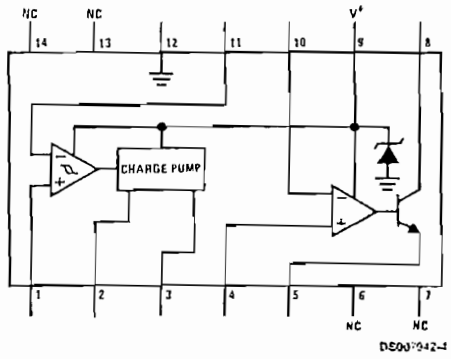
Order Number LM2917M-8 or LM2917N-8
See NS Package Number M08A or N08E

© 2001 National Semiconductor Corporation

Block and Connection Diagrams Dual-In-Line and Small Outline Packages, Top Views (Continued)



Order Number LM2907M or LM2907N
See NS Package Number M14A or N14A



Order Number LM2917M or LM2917N
See NS Package Number M14A or N14A

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	28V
Supply Current (Zener Options)	25 mA
Collector Voltage	28V
Differential Input Voltage	
Tachometer	28V
Op Amp/Comparator	28V
Input Voltage Range	
Tachometer	
LM2907-8, LM2917-8	±28V
LM2907, LM2917	0.0V to +28V
Op Amp/Comparator	0.0V to +28V
Power Dissipation	
LM2907-8, LM2917-8	1200 mW
LM2907-14, LM2917-14	1580 mW
See (Note 1)	
Operating Temperature Range	−40°C to +85°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics

V_{CC} = 12 V_{DC}, T_A = 25°C, see test circuit

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
TACHOMETER						
	Input Thresholds	V_{IN} = 250 mVp-p @ 1 kHz (Note 2)	±10	±25	±40	mV
	Hysteresis	V_{IN} = 250 mVp-p @ 1 kHz (Note 2)		30		mV
	Offset Voltage	V_{IN} = 250 mVp-p @ 1 kHz (Note 2)				
	LM2907/LM2917			3.5	10	mV
	LM2907-8/LM2917-8			5	15	mV
	Input Bias Current	V_{IN} = ±50 mV_{DC}		0.1	1	µA
V_{OH}	Pin 2	V_{IN} = +125 mV_{DC} (Note 3)		8.3		V
V_{OL}	Pin 2	V_{IN} = −125 mV_{DC} (Note 3)		2.3		V
I_2, I_3	Output Current	V2 = V3 = 6.0V (Note 4)	140	180	240	µA
I_3	Leakage Current	I2 = 0, V3 = 0			0.1	µA
K	Gain Constant	(Note 3)	0.9	1.0	1.1	
	Linearity	f_{IN} = 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz (Note 5)	−1.0	0.3	+1.0	%
OP/AMP COMPARATOR						
V_{OS}		V_{IN} = 6.0V		3	10	mV
I_{BIAS}		V_{IN} = 6.0V		50	500	nA
	Input Common-Mode Voltage		0		V_{CC}−1.5V	V
	Voltage Gain			200		V/mV
	Output Sink Current	V_C = 1.0	40	50		mA
	Output Source Current	V_E = V_{CC} −2.0		10		mA
	Saturation Voltage	I_{SINK} = 5 mA		0.1	0.5	V
		I_{SINK} = 20 mA			1.0	V
		I_{SINK} = 50 mA		1.0	1.5	V
ZENER REGULATOR						
	Regulator Voltage	R_{DROP} = 470Ω		7.56		V
	Series Resistance			10.5	15	Ω
	Temperature Stability			+1		mV/°C
	TOTAL SUPPLY CURRENT			3.8	6	mA

Note 1: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 101 C/W junction to ambient for LM2907-8 and LM2917-8, and 79 C/W junction to ambient for LM2907-14 and LM2917-14.

Note 2: Hysteresis is the sum $+V_{TH} - (-V_{TH})$, offset voltage is their difference. See test circuit.

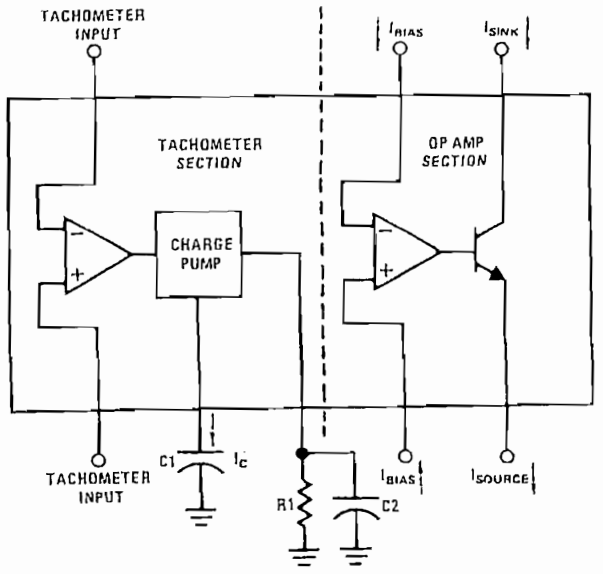
Note 3: V_{OH} is equal to ¾ x V_{CC} − 1 V_{BE}, V_{OL} is equal to ¼ x V_{CC} + 1 V_{BE} therefore $V_{OH} - V_{OL} = V_{CC}/2$. The difference, $V_{OH} - V_{OL}$, and the mirror gain, I_2/I_3, are the two factors that cause the tachometer gain constant to vary from 1.0.

Electrical Characteristics (Continued)

Note 4: Be sure when choosing the time constant R1 x C1 that R1 is such that the maximum anticipated output voltage at pin 3 can be reached with I$_C$ x R1. The maximum value for R1 is limited by the output resistance of pin 3 which is greater than 10 MΩ typically.

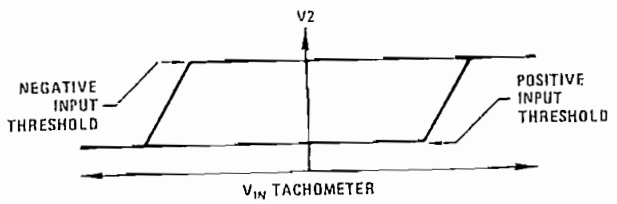
Note 5: Nonlinearity is defined as the deviation of $V_{(3)}$ (at pin 3) for f_{IN} = 5 kHz from a straight line defined by the $V_{(3)}$ at 1 kHz and $V_{(3)}$ at 10 kHz. C1 = 1000 pF, R1 = 68k and C2 = 0.22 mFd.

Test Circuit and Waveform



DS007942-6

Tachometer Input Threshold Measurement



DS007942-7

National Semiconductor

November 2000

LM35
Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full −55 to +150°C temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only 60 µA from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a −55° to +150°C temperature range, while the LM35C is rated for a −40° to +110°C range (−10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full −55° to +150°C range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 µA current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only ±¼°C typical
- Low impedance output, 0.1 Ω for 1 mA load

Typical Applications

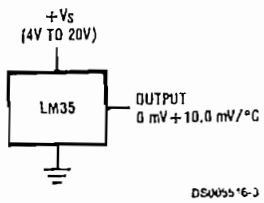
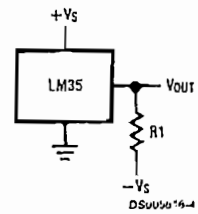


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)



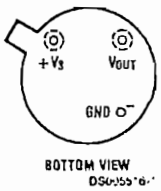
Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu A$
V_{OUT} = +1,500 mV at +150°C
= +250 mV at +25°C
= −550 mV at −55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

© 2000 National Semiconductor Corporation

Connection Diagrams

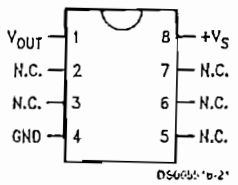
TO-46
Metal Can Package*



*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

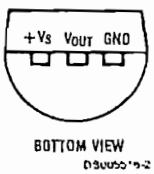
SO-8
Small Outline Molded Package



N.C. = No Connection

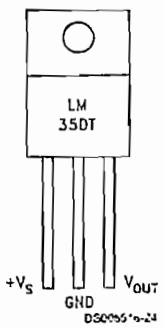
Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

TO-92
Plastic Package



Order Number LM35CZ,
— LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

TO-220
Plastic Package*



*Tab is connected to the negative pin (GND).
Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to −0.2V
Output Voltage	+6V to −1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.;	
TO-46 Package,	−60˚C to +180˚C
TO-92 Package,	−60˚C to +150˚C
SO-8 Package,	−65˚C to +150˚C
TO-220 Package,	−65˚C to +150˚C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300˚C
TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260˚C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215˚C
Infrared (15 seconds)	220˚C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	−55˚C to +150˚C
LM35C, LM35CA	−40˚C to +110˚C
LM35D	0˚C to +100˚C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	T_A=+25˚C	±0.2	±0.5		±0.2	±0.5		˚C
	T_A=−10˚C	±0.3			±0.3		±1.0	˚C
	T_A=T_{MAX}	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		˚C
	T_A=T_{MIN}	±0.4	±1.0		±0.4		±1.5	˚C
Nonlinearity (Note 8)	T_{MIN}≤T_A≤T_{MAX}	±0.18		±0.35	±0.15		±0.3	˚C
Sensor Gain (Average Slope)	T_{MIN}≤T_A≤T_{MAX}	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/˚C
Load Regulation (Note 3) 0≤I_L≤1 mA	T_A=+25˚C	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		mV/mA
	T_{MIN}≤T_A≤T_{MAX}	±0.5		±3.0	±0.5		±3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	T_A=+25˚C	±0.01	±0.05		±0.01	±0.05		mV/V
	4V≤V_S≤30V	±0.02		±0.1	±0.02		±0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	V_S=+5V, +25˚C	56	67		56	67		µA
	V_S=+5V	105		131	91		114	µA
	V_S=+30V, +25˚C	56.2	68		56.2	68		µA
	V_S=+30V	105.5		133	91.5		116	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	4V≤V_S≤30V, +25˚C	0.2	1.0		0.2	1.0		µA
	4V≤V_S≤30V	0.5		2.0	0.5		2.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	µA/˚C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of *Figure 1*, I_L=0	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	˚C
Long Term Stability	T_J=T_{MAX}, for 1000 hours	±0.08			±0.08			˚C

...apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and 10mV/˚C times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in ˚C).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

Insurgentes Sur ... Méxco D.F.

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	T_A=+25°C	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		°C
	T_A=−10°C	±0.5			±0.5		±1.5	°C
	T_A=T_{MAX}	±0.8	±1.5		±0.8		±1.5	°C
	T_A=T_{MIN}	±0.8		±1.5	±0.8		±2.0	°C
Accuracy, LM35D (Note 7)	T_A=+25°C				±0.6	±1.5		°C
	T_A=T_{MAX}				±0.9		±2.0	°C
	T_A=T_{MIN}				±0.9		±2.0	°C
Nonlinearity (Note 8)	T_{MIN}≤T_A≤T_{MAX}	±0.3		±0.5	±0.2		±0.5	°C
Sensor Gain (Average Slope)	T_{MIN}≤T_A≤T_{MAX}	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/°C
Load Regulation (Note 3) 0≤I_L≤1 mA	T_A=+25°C	±0.4	±2.0		±0.4	±2.0		mV/mA
	T_{MIN}≤T_A≤T_{MAX}	±0.5		±5.0	±0.5		±5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	T_A=+25°C	±0.01	±0.1		±0.01	±0.1		mV/V
	4V≤V_S≤30V	±0.02		±0.2	±0.02		±0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	V_S=+5V, +25°C	56	80		56	80		µA
	V_S=+5V	105		158	91		138	µA
	V_S=+30V, +25°C	56.2	82		56.2	82		µA
	V_S=+30V	105.5		161	91.5		141	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	4V≤V_S≤30V, +25°C	0.2	2.0		0.2	2.0		µA
	4V≤V_S≤30V	0.5		3.0	0.5		3.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	µA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of *Figure 1*, I_L=0	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	T_J=T_{MAX}, for 1000 hours	±0.08			±0.08			°C

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: −55°C≤T_J≤+150°C for the LM35 and LM35A; −40°C≤T_J≤+110°C for the LM35C and LM35CA, and 0°C≤T_J≤+100°C for the LM35D. V_S=+5Vdc and I_{LOAD}=50 µA, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from −2°C to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W, junction to ambient, and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: *Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.*

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and 10mv/°C times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in °C).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

AUTOMOVILISTA EFICIENTE

PRUEBAS PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA EL AUTOMOVIL

Dirección de Transporte CONAE

La prueba usada para determinar los consumos de combustible tanto en ciudad como en carretera se basan en el FTP 75 (Federal Test Procedure).

Para determinar el consumo de combustible en ciudad, se simula una conducción de 17 km con paradas y arranques y una velocidad promedio de 32 km/h. El recorrido toma 23 minutos y tiene 18 paradas. En este procedimiento el 18% del tiempo se destina en espera de semáforos y horas de congestionamiento.

La prueba comprende 4 fases:

1. Fase de transición en frío. Simula el encender el auto por la mañana después de haber estado estacionado toda la noche. Esta se inicia con el arranque del motor y tiene una duración de 505 segundos.
2. Fase de estabilización. Es cuando el motor alcanza cierta temperatura siguiendo la secuencia del programa sin interrupciones.
3. Apagado de motor. Una vez completada la fase de estabilización (después de 1372 segundos) el motor es apagado por un período de 600 segundos.
4. Fase en caliente. Similar a reencender el vehículo después de haber sido calentado, manejado y detenido por un período corto de tiempo; finalmente el vehículo es conducido por 505 segundos hasta terminar la prueba.

El consumo de combustible en carretera se determina con pruebas que simulan el manejo en autopista y carretera. La prueba consiste en un recorrido de 16 km. a una velocidad de 80 km/h. La prueba se inicia con el motor caliente con pequeños incrementos de velocidad y sin paradas (excepto al final del recorrido).

PRUEBA	CIUDAD (FTP – 75)	CARRETERA
Distancia Recorrida	17.87 km	16.44 km
Duración del Recorrido	1877 s + 600 s en pausa	765 s
Velocidad Promedio	34.1 km/h	77.4 km/h
Velocidad Máxima	91.2 km/h	96.4 km/h

INFORMES:
Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
Insurgentes Sur 1582, 2do. Piso. Col Crédito Constructor.
C.P. 03940, México D.F.
Tels.: 5322-1000 Ext. 1211 Fax: 5322-1003

CONAE
COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA
México