

01175



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**“DISEÑO E INTEGRACIÓN DE UN MÓDULO
DE ENSAYOS PARA MOTOCICLETAS PARA
EL PROYECTO DE NORMATIVA DE
EMISIONES DEL GDF”**

T E S I S

PRESENTADA A LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA

(ÁREA ELECTRÓNICA)

P R E S E N T A :

PEDRO IGNACIO RINCÓN GÓMEZ



DIRECTOR DE TESIS: M. en I. LAURO SANTIAGO CRUZ

FEBRERO 2004.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

□ GLOSARIO	IV
□ SINÓPSIS	V
□ PRÓLOGO	VI
□ INTRODUCCIÓN	VIII
CAPÍTULO I <u>INSTITUCIONES PARTICIPANTES</u>	1
I.1. ANTECEDENTES	1
I.2. EL LABORATORIO DE CONTROL DE EMISIONES	2
I.2.1. EQUIPO DEL L.C.E.	2
I.2.2. FUNCIONES QUE SE LLEVAN A CABO EN EL L.C.E.	3
I.3. EL INSTITUTO DE INGENIERIA	3
I.4. EL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL	4
I.5. LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE MOTOCICLISTAS	6
I.6. EI PROYECTO DE NORMATIVA DE EMISIONES PARA MOTOCICLETAS PARA EL GDF	7
CAPÍTULO II <u>EVALUACIÓN DE MOTOCICLETAS</u>	10
II.1. FUNCIÓN DE LOS BANCOS PARA MOTOCICLETAS	10
II.1.1. EL DINAMÓMETRO COMO INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	11
II.2. DIFERENTES TIPOS DE UNIDADES DE ABSORCIÓN DE POTENCIA	14
II.2.1. UAP HIDRÁULICA	14
II.2.2. UAP DE CORRIENTES PARÁSITAS	15
II.2.3. UAP DE HISTÉRESIS	16
II.2.4. UAP DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	17
II.2.5. UAP DE CORRIENTE DIRECTA	18
II.2.6. UAP DE CORRIENTE ALTERNA	18
II.3. IMPORTANCIA DE LOS CICLOS DE MANEJO	19
II.3.1. BANCOS COMERCIALES ACTUALES	20
II.3.1. BANCO TECNER	20
II.3.2. BANCO BORGHI & SAVERI	22
II.3.3. BANCO SUPERFLOW	23
II.3.4. BANCO MARCO	24
II.3.5. BANCO DINOJET	25

CAPÍTULO III	<u>ADQUISICIÓN DE DATOS</u>	27
III.1.	LAS COMPUTADORAS PERSONALES Y LOS SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS	27
III.2.	LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	28
III.3.	SOFTWARE DE CONTROL DE UNA TAD	35
III.4.	EL ENTORNO DE DESARROLLO DE APLICACIONES	36
III.5.	ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES	44
CAPÍTULO IV	<u>CRITERIOS DE DISEÑO</u>	46
IV.1.	DISEÑO MODULAR	46
IV.2.	APLICACIONES DE ACUERDO A LAS NECESIDADES DEL LABORATORIO	53
IV.3.	CONSECUENCIAS Y BENEFICIOS	53
CAPÍTULO V	<u>DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE</u>	55
V.1.	DESCRIPCION GENERAL DEL BANCO DINAMOMÉTRICO PARA MOTOCICLETAS	55
V.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MECÁNICOS DEL BANCO DE MOTOCICLETAS	57
V.2.1.	ESTRUCTURA DEL BANCO	57
V.2.2.	MORDAZAS DE SUJECIÓN DE LA RUEDA DELANTERA	58
V.2.3.	MOTOR DE ARRANQUE	58
V.2.4.	ESTRUCTURA MECÁNICA DE LA UNIDAD DE ABSORCIÓN DE POTENCIA	59
V.2.5.	EL RODILLO	61
V.3.	DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DEL BANCO DE MOTOCICLETAS	62
V.3.1.	ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL DE PAR	62
V.3.2.	ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL DE VELOCIDAD	63
V.3.2.	SISTEMA DE CONTROL DE INTENSIDAD DE FRENO	65
V.3.4.	SISREMA DE ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN DEL CARRO Y LAS MORDAZAS	69
V.3.5.	CONTROL DEL MOTOR DE ARRANQUE	70
V.3.6.	MÓDULO ANALIZADOR DE GASES	72

CAPÍTULO VI	<u>DISEÑO DEL SOFTWARE</u>	77
VI.1.	DESCRIPCIÓN OPERATIVA DEL SOFTWARE	77
VI.1.1.	ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SOFTWARE	79
VI.2.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL SOFTWARE	84
VI.2.1.	LA RUTINA "R0"	86
VI.2.1.1.	Proceso de calibración estática	90
VI.2.1.2.	El proceso para activar y desactivar el freno (sub-rutina "S ₀₋₀ ")	94
VI.2.1.3.	El selector de control de intensidad de freno	95
VI.2.2.	LA RUTINA "R1"	96
VI.2.3.	LA RUTINA "R2"	99
VI.2.3.1.	La sub-rutina "READ"	100
VI.2.3.2.	La sub-rutina "COMPA"	103
VI.2.3.3.	La sub-rutina "PWM"	104
VI.2.3.4.	La adquisición de la señal de par	106
VI.2.3.5.	Mediciones indirectas	106
VI.2.3.6.	Estructura de datos (valores de interés)	110
VI.2.4.	LAS RUTINAS "R3" Y "R4"	110
VI.2.4.1.	Generación de un archivo de datos (La sub-rutina "S ₄₋₀ '")	111
VI.3.	DOCUMENTACIÓN DEL PROGRAMA	115
VI.4.	AYUDA EN PANTALLA	116
CAPÍTULO VII	<u>INTEGRACIÓN Y PRUEBAS</u>	118
VII.1.	PRUEBAS AL SISTEMA	118
VII.2.	PROTOCOLO DE ENSAYOS	121
VII.3.	PRUEBAS PRELIMINARES UTILIZANDO EL SISTEMA COMPLETO	122
□	CONCLUSIONES	129
□	BIBLIOGRAFÍA	131
□	REFERENCIA DE IMÁGENES	133
APÉNDICES		
□	A VI'S Y FUNCIONES DE LABVIEW UTILIZADAS EN EL PROGRAMA	
□	B CONCEPTOS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA Y MOTOCICLETAS	
□	C DIAGRAMAS COMPLEMENTARIOS	
□	D CICLOS DE MANEJO DE LA ZMVM	

GLOSARIO

A.I.	Amplificador de instrumentación
Buffer de datos	Conjunto de registros que funcionan como memoria temporal de datos
C.I.	Circuito integrado
DMA	(Direct Memory Access) Mecanismo de acceso directo a memoria
Driver	Software de control de una tarjeta
Exupdate	Señal externa para que el ADC de una TAD inicie una nueva conversión
Jumper	Pequeño conector para unir un arreglo de pines
Memoria FIFO	(First Input First Output Memory) Tipo de memoria organizada como una cola de datos donde el primer dato en guardarse es el primero en salir.
Multiplexor	Nombre genérico de un conmutador de estado sólido, de n entradas y una salida
Mux	Mnemónico de multiplexor, sinónimo de multiplexor
Ni-DAQ	Software de control (driver) para TAD's de National Instruments
Overflow	Señal de error que ocurre cuando se desborda la memoria FIFO
Overrun	Señal de error que ocurre cuando se detecta un tiempo de adquisición insuficiente
P.A.U.	(Power Absorber Unit) Unidad de absorción de potencia -sinónimo de freno-
P.I.A.	(Peripheral Interface Adapter) Módulo para expandir un bus de datos como una serie de puertos paralelos
P.T.M.	(Programmable Timer Module) Módulo programable de temporizadores/contadores
Path	Dirección de localización de un archivo con referencia al directorio raíz donde se encuentra
R.T.S.I.	(Real Time System Integration) Conjunto de funciones para gobernar un temporizador
Sample & Hold	Técnica de muestreo y retención utilizado por algunos sistemas para evitar el ruido
Software	Nombre genérico que se les da a los programas para computadoras
T.A.D.	Tarjeta de adquisición de datos
Top-Down	Filosofía de programación que consiste en dividir un problema complejo en varios sencillos
Trigger	Nombre genérico que se les da a las señales lógicas externas para disparar una compuerta dispositivo lógico (tarjeta de adquisición)

SINÓPSIS

El Laboratorio de Control de Emisiones de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. fue creado con el fin de estudiar las emisiones de los vehículos que poseen motores de combustión interna. Para poder hacer esto se vale de diferentes instrumentos de medición, como son: analizadores de gases, dinamómetros, etc. Algunos instrumentos o dispositivos que sólo pueden adquirirse en el extranjero son diseñados en este laboratorio con la asesoría de la Coordinación de Instrumentación del Instituto de Ingeniería. El desarrollo de estos dispositivos permite que el laboratorio cuente cada vez con más equipo útil adecuado a sus necesidades. En la presente tesis se muestra el desarrollo de un proyecto del Laboratorio de Control de Emisiones; se trata de la instrumentación electrónica de un banco dinámico para motocicletas, con el fin de cooperar en la generación de la Norma Oficial Mexicana de emisiones contaminantes de este tipo de vehículos, en conjunto con las autoridades gubernamentales del Distrito Federal. Para poder hacer esto se diseñó por completo este dispositivo, de modo que pudieran hacerse mediciones automáticas de velocidad, distancia, tiempo, par, potencia, concentraciones de oxígeno, bióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, para generar una base de datos.

En el desarrollo de este proyecto se utilizó una computadora personal y una tarjeta de adquisición de datos para adquirir las señales electrónicas de sensores de par y velocidad. El software que se utiliza para controlar la tarjeta de adquisición de datos fue desarrollado con un software de desarrollo de uso dedicado para instrumentación, lo que permitió generar un instrumento virtual muy versátil y de fácil manejo. Actualmente el banco dinámico para motocicletas opera como un instrumento más del laboratorio y se piensa que en el futuro pueda formar parte del equipo en un centro de verificación para este tipo de vehículos.

PRÓLOGO


Este trabajo se compone de siete capítulos. El primer capítulo es una breve semblanza de las instituciones que participaron en el proyecto. En él se puede comprender de forma clara y objetiva el contexto en el que distintas instituciones cooperan en conjunto con la universidad para el desarrollo del proyecto de normativa de emisiones, describiendo brevemente algunas de sus actividades. Posteriormente, en el capítulo II es posible tener una visión más clara de la forma en que se pueden evaluar motocicletas utilizando bancos dinamométricos; en él se pueden conocer los diferentes tipos de dinamómetros que pueden existir en un laboratorio de emisiones y su principio de operación. De esta forma podrá distinguir sus principales características, su principio de operación y su aspecto físico. El contenido de este capítulo es importante por que permite ver la diferencia existente entre los diferentes tipos de bancos de motos y permite comprender que, debido a esta variedad también la forma de instrumentarlos no siempre es igual.

Debido a que el proyecto de instrumentación involucra el uso de una computadora personal, de una tarjeta de adquisición de datos de propósito general y de la utilización de un paquete de desarrollo de software especial para instrumentación, el capítulo III permite familiarizarse con diversos conceptos sobre adquisición de datos por computadora, que le serán de mucha utilidad para comprender el diseño completo propuesto para instrumentar el dinamómetro. Dentro de este capítulo también se incluye la descripción funcional de la tarjeta de adquisición de datos que se utilizó para el proyecto, así como la descripción general del paquete de desarrollo de software para instrumentación mencionado anteriormente.

En el capítulo IV, podrá conocer los criterios de diseño del módulo de ensayos para motocicletas. Se trata de una breve semblanza de cómo el problema del sistema completo se atacó de forma modular, facilitando la tarea de manufactura del equipo completo.

El capítulo V consiste en una descripción del hardware propuesto como solución para instrumentar el banco dinamométrico. Es posible distinguir tanto los diferentes sistemas que componen el equipo completo del dinamómetro como el principio de operación de los mismos. De manera análoga el capítulo VI permite comprender el funcionamiento del software que gobierna al sistema completo y que le da una identidad propia como un instrumento virtual independiente.

Las pruebas que se hicieron al sistema completo de manera modular y en conjunto, así como los resultados de las mismas se describen en el capítulo VII .

Por último se incluye en la tesis los resultados y conclusiones a las que se llegó en el presente trabajo y se presentan también la bibliografía consultada, un glosario y una serie de apéndices que ilustran los *instrumentos virtuales* VI's y funciones de la biblioteca estándar del paquete de desarrollo LabVIEW  , que se utilizaron en el diseño del software del proyecto, así como algunos comentarios relacionados con los motores de combustión interna y las motocicletas de 2 y 4 tiempos. También se incluye un apéndice donde se encuentran algunos diagramas complementarios del software diseñado.

INTRODUCCIÓN

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su artículo 11, fracción IV y su reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el artículo 29, establecen que se deben aplicar los métodos, procedimientos y equipos que aseguran que no se rebasaran los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera que establezcan las normas técnicas ecológicas correspondientes.

Con base en lo anterior, La Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, como entidad responsable de aplicar las normas de control de emisiones de contaminantes al ambiente, de las fuentes móviles, entre otras, requiere contar con infraestructura y equipos para la realización de las pruebas de verificación en los vehículos automotores, así como para asegurar la veracidad de las verificaciones realizadas y la consistencia del método de prueba y aplicación de las normas vigentes.

Las especificaciones de los equipos de prueba deben cubrir los requerimientos de la Ciudad de México para verificar las emisiones por el escape de:

- Vehículos ligeros de uso Particular propulsados por motores a gasolina.
- Vehículos ligeros de uso Intensivo propulsados por motores a gasolina.
- Vehículos pesados propulsados por motores a gasolina.
- Vehículos propulsados por motores a Gas L.P. y Gas Natural.
- Vehículos ligeros y pesados propulsados por motores a Diesel.
- **Motocicletas de 2 y 4 tiempos.**
- Combustibles alternos.

En 1992, el Departamento del Distrito Federal especificó que los equipos deben cumplir con las especificaciones del "Bureau Automotive Repair" del Gobierno del Estado de California de los EE.UU., de donde surgen las siglas "BAR".

El BAR ha certificado analizadores durante más de 15 años. Cada generación de analizadores ha sido más confiable, precisa y compleja. Las primeras especificaciones de analizadores se publicaron en 1974 y se hicieron publicaciones subsecuentes en 1980, en 1984 y en 1990. A los analizadores que cumplieron con las especificaciones el BAR les otorgó un certificado.

El uso de computadoras también permitió al analizador tomar automáticamente la decisión de aprobación o de rechazo del vehículo. Del mismo modo también ayudó a especificar otras características que hacía posible detectar la alteración del analizador y dar instrucciones especiales al técnico o al dueño del vehículo.

Con base a lo anterior, la Universidad Nacional Autónoma de México a través de la Facultad de Ingeniería y con apoyo del Instituto de Ingeniería, ha participado en el desarrollo de equipo necesario para evaluar las emisiones contaminantes de los vehículos con motores de combustión interna. De esa forma se busca participar activamente en el desarrollo de tecnología para contar con la infraestructura y equipos necesarios para la realización de pruebas de verificación en los vehículos automotores que exige nuestro país. En el presente trabajo se expone parte del equipo desarrollado en el Laboratorio de Control de Emisiones, que fue diseñado especialmente para el proyecto de Normativa de Emisiones Contaminantes para Motocicletas de 2 y 4 tiempos del Gobierno del Distrito Federal.

OBJETIVOS DEL PROYECTO DE TESIS

Los principales objetivos que se persiguieron durante el desarrollo de este trabajo fueron:

- Diseñar un banco dinamómetro para motocicletas de dos ruedas, ajustable para diferentes modelos de vehículos de este tipo, que contara con una unidad de absorción de potencia, mediante el cual se pudieran hacer mediciones de par (torque), potencia, velocidad y distancia aparente recorrida por el vehículo.
- Integrar un equipo analizador de cinco gases (O₂, CO, CO₂, HC y NO_x), utilizando una banca analizadora comercial así como otros elementos como filtros, válvulas y bombas de aire, a partir de un diseño propio.

- Desarrollar un sistema integral para evaluación de las prestaciones y gases contaminantes para motocicletas, automatizado mediante el uso de una computadora personal y controlado por el usuario mediante el uso de "paneles virtuales".
- Desarrollar el software necesario que permitiera al usuario evaluar prestaciones y emisiones contaminantes de motocicletas haciendo uso de los ciclos de manejo de la Zona Metropolitana del Valle de México, de modo que pudiera generar una base de datos con los resultados de cada prueba, con el fin de que la información recabada pueda ser de utilidad para la generación de la norma oficial de emisiones contaminantes.
- Asegurar que el equipo diseñado cuente con sistemas de seguridad necesarios para el usuario, con el fin de garantizar su integridad física durante el desarrollo de las pruebas.

Finalmente cabe mencionar que en el mercado internacional existen equipos similares a los que fueron diseñados para este proyecto. La intención de desarrollar un equipo de este tipo, responde principalmente a que se deseaba contar con un sistema que cumpliera los requerimientos y necesidades particulares para la generación de la norma oficial de emisiones contaminantes de la ZMVM, además de que con ello se pone de manifiesto un interés de los participantes por evitar en lo posible, la dependencia tecnológica de productos de este tipo al extranjero y las repercusiones económicas que ello conlleva.

CAPÍTULO I

INSTITUCIONES PARTICIPANTES.

En el presente capítulo podrá conocer el contexto en el que se desarrolló el proyecto de diseño del módulo de ensayos para motocicletas, con el fin de que identifique el tipo de actividades y las dependencias e instancias que de alguna manera colaboraron en el mismo.

I.1. Antecedentes

Debido a la necesidad de generar una norma que controle las emisiones contaminantes para motocicletas, y que desde luego tenga un sustento técnico sólido, se ha desarrollado un equipo de medición ex profeso a estos fines, que mejore notablemente las normas actualmente vigentes en nuestro país, a saber: NOM-048-ECOL-1993, que establece los niveles de hidrocarburos, monóxido de carbono y porcentaje de humo, y la NOMM-049-ECOL-1993, la cual menciona las características de los equipos de medición y el protocolo o procedimiento de medida.

El proceso para la generación de esta norma es una tarea interinstitucional en la que la colaboración de la Universidad Nacional Autónoma de México ha sido indispensable. Enseguida se muestra una breve semblanza de las diferentes dependencias que participan activamente en el desarrollo de este proyecto.

I.2. El Laboratorio de Control de Emisiones

El Laboratorio de Control de Emisiones pertenece al Departamento de Termoenergía y Mantenimiento Ambiental, de la División de Ingeniería Mecánica e Industrial (D.I.M.E.I.) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Se encuentra ubicado en el anexo de la Facultad de Ingeniería, junto a las oficinas administrativas y al centro de Diseño y Manufactura de la D.I.M.E.I.

Este laboratorio fue inaugurado en octubre de 1996 y ocupa un área de 1,379.67 m² que comparte con los laboratorios de termofluidos en la planta baja y con cubículos y oficinas académico-administrativas en el primer piso (fig.1.1). Actualmente estos laboratorios prestan atención a 470 estudiantes al mismo tiempo.¹

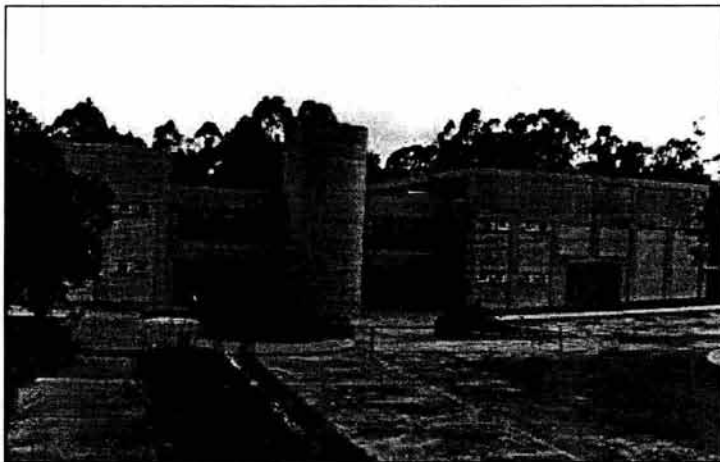


Fig 1.1. Aspecto general del Laboratorio de Control de Emisiones.

I.2.1. Elementos del laboratorio de control de emisiones

El Laboratorio de control de emisiones cuenta con diversos y sofisticados equipos de medición, los cuales permiten efectuar ensayos específicos de emisión en vehículos livianos y medianos, tales como: emisiones del sistema de escape, en condiciones ambientales normalizadas y de acuerdo a los procedimientos y normativas vigentes. Para ello, el laboratorio cuenta con los siguientes equipos:

- Dinamómetro de chasis.
- Dinamómetro de banco.
- Banco de motocicletas (dinamómetro para motocicletas).
- Banco de flujo.
- Sistema AVL® (Computador central con analizadores de CO, CO₂, HC, NO_x).

I.2.2. Funciones que se llevan a cabo en el LCE

El laboratorio de control de emisiones de la facultad de ingeniería de la U.N.A.M. tiene como principales funciones:

- Enseñanza

Desempeña un papel fundamental como centro docente, ya que dentro de sus instalaciones, los alumnos de ingeniería mecánica que cursan materias como *termodinámica* y *mecánica de fluidos* pueden comprobar de manera práctica los conocimientos teóricos impartidos en cada asignatura. Así mismo este laboratorio promueve la prestación de Servicio Social a estudiantes de Ingeniería mecánica y electrónica por que en sus instalaciones se desarrolla equipo mecánico que requiere de instrumentación electrónica.

- Homologación y Certificación Vehicular

Realizar la Homologación y Certificación Vehicular a prototipos y/o modelos de vehículos de producción que pretendan comercializarse en el país. Además de verificar el cumplimiento de normas constructivas en vehículos destinados al transporte público de pasajeros.

- Control de la Certificación Vehicular

Controlar el cumplimiento de las normas tanto constructivas como de emisión en vehículos seleccionados aleatoriamente, de las partidas de vehículos que son comercializados y verificar las emisiones de los vehículos.

- Desarrollo e Investigación

Realizar investigación y desarrollo de normas e implementar programas de investigación y capacitación. Actualmente en el laboratorio se trabaja en varios proyectos que involucran el desarrollo de normas de emisiones conjuntamente con el Gobierno del Distrito Federal, con el fin de combatir el grave problema de emisiones vehiculares en el Valle de México.

I.3. El Instituto de Ingeniería de la UNAM

Hasta fines de los años 70, la actual Coordinación de Instrumentación funcionaba como área de servicio y apoyo técnico a otras coordinaciones del propio Instituto, entre ellas Instrumentación Sísmica, Geotecnia, Hidráulica e Ingeniería Mecánica, Térmica y de Fluidos. Sin limitar el apoyo a otros grupos del Instituto, esta área se eleva a la categoría de coordinación a partir de la consecución y realización de una serie de proyectos donde la automatización y el control son componentes principales.

¹ Facultad de Ingeniería (Publicación quincenal de la Secretaría General) N°81 16 de mayo de 1998 / "La ingeniería hoy: nuevos laboratorios de la Facultad de Ingeniería" por el Ing. Pablo García Colomé. F.I. de la U.N.A.M.

La Coordinación de Instrumentación está adscrita a la Subdirección Electromecánica y la integra un selecto grupo de investigadores conformado principalmente por técnicos académicos, técnicos administrativos y becarios. Dicha Coordinación cuenta en sus instalaciones del edificio 12, con un laboratorio dotado de osciloscopios, analizadores de estados lógicos, computadoras para el procesamiento de datos y un excitador dinámico con capacidad máxima de 2kg, para pruebas de equipos².

El desarrollo teórico y empírico en el campo de la instrumentación y control es muy dinámico, lo cual se refleja en las líneas de investigación y los productos que impulsa actualmente:

- Desarrollo de programas para la automatización de procesos industriales.
- Desarrollo de sistemas de adquisición de datos.
- Desarrollo de equipo de medición para trabajo experimental.

La calidad de los resultados obtenidos en los proyectos realizados ha fomentado el patrocinio de diferentes dependencias universitarias, así como organizaciones externas. Entre las primeras se pueden contar a la Facultad de Ingeniería, el Instituto de Ciencias Nucleares, el Instituto de Fisiología Celular, y la Dirección General de Obras. Por otra parte, la coordinación mantiene una estrecha relación con la Comisión Federal de Electricidad, donde se ha apoyado con la solución de problemas específicos y con capacitación de alto nivel. Así mismo, la coordinación desarrolla importantes proyectos para empresas de la iniciativa privada, por ejemplo: Microscopios y Niveles S.A., Ultimax S.A., Kelvinator de México, SA de CV y Hayes Wheels Acero, SA de CV. entre otras.

El instituto de Ingeniería de la UNAM, a través de la Coordinación de Instrumentación, ha participado activamente en el proyecto de la generación de la Norma Oficial Mexicana de emisiones contaminantes para motocicletas de 2 y 4 tiempos. En el caso específico de este proyecto, su función principal es coordinar, asesorar y desarrollar la instrumentación electrónica de los dispositivos electrónicos que se requieren para evaluar las motocicletas. Específicamente se puede mencionar el banco dinamométrico para motocicletas y el analizador de gases contaminantes desarrollados ex profeso para este proyecto.

1.4. El Gobierno del Distrito Federal

En la Ciudad de México circulan cerca de 150 mil motocicletas, cuyas emisiones contaminantes son altas debido a su tecnología inadecuada. Con el propósito de reducir la contaminación por estas fuentes móviles, el Gobierno del Distrito Federal, a través de la Dirección General de

² Gaceta del Instituto de Ingeniería (Publicación de la Secretaría de Promoción y Enlace II), Número 62, julio de 2000 / "Los grupos de investigación del Instituto de Ingeniería: Coordinación de instrumentación"

Prevención y Control de la Contaminación, realiza diferentes estudios que permitan establecer una norma técnica. En sí es la Unidad Jurídica de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación (DGPCC), la dependencia que tiene a su cargo la generación de dicha norma apoyándose en otras instituciones, como la UNAM, de modo que ésta tenga un sólido sustento científico y técnico. La Unidad Jurídica de la DGPCC fue creada en septiembre de 1996 y tiene como objetivos:

- Proponer, aplicar y evaluar las políticas de la DGPCC en materia jurídica.
- Compilar y divulgar las leyes, reglamentos, decretos y acuerdos que se relacionen con la esfera de competencia de esta Dirección General.
- Elaborar los informes en los juicios de nulidad, juicios de amparo y recursos de Inconformidad.
- Coordinar y supervisar el seguimiento tanto de los procedimientos jurídicos y administrativos interpuestos por la Dirección General como de los procedimientos jurídicos promovidos por particulares en contra de los actos de ésta.
- Dar seguimiento y controlar la evaluación jurídica de recursos de inconformidad, juicios de amparo y juicios de nulidad.
- Atender las materias de consulta y contencioso que demanden las funciones de la Dirección General.
- Autenticar, cuando sea procedente, las firmas de los servidores públicos de las unidades administrativas dependientes de la Dirección, asentadas en los documentos que expidan con motivo del ejercicio de sus atribuciones.
- Proponer al Director General la normatividad general que habrá de observarse en el ejercicio de la delegación y autorización para ejercer atribuciones.
- Desahogar las consultas de carácter jurídico que le formulen los titulares de las unidades administrativas.
- Expedir copias certificadas de las constancias que obren en los archivos de la Dirección cuando deban ser exhibidas en procedimientos judiciales o contencioso-administrativos y en general, para cualquier proceso o averiguación.

Para cumplir con lo anterior, la Unidad jurídica cuenta con dos subdirecciones, una de Procedimientos jurídico-administrativos y otra de Verificación y Control, también con dos unidades departamentales y personal especializado.

La Unidad Jurídica, por medio de la Subdirección de Procedimientos Jurídico-Administrativos, revisa y valida los convenios y contratos que celebra el Gobierno del Distrito Federal, por conducto de la Dirección General, en la esfera de sus atribuciones.

La facultad de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación para firmar Convenios a nombre del Gobierno del Distrito Federal deriva del Acuerdo por el que se delega en el Secretario del Medio Ambiente y en los Directores Generales de Prevención y Control de la Contaminación y de Proyectos Ambientales, la facultad de celebrar, otorgar y firmar en representación del Departamento del Distrito Federal, los actos jurídicos que se señalan, publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el día 24 de marzo de 1997.

Durante 1998, la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación celebró 18 Convenios con diversas Instituciones, así como con particulares. Entre estos Convenios, podemos destacar el siguiente:

1.5. La Asociación Mexicana de Motociclistas

La Asociación Mexicana de Motociclistas es una organización civil dedicada a unificar al Motociclismo en la República Mexicana, manteniendo una excelente relación de amistad con los diferentes grupos de motociclistas respetando sus costumbres e ideologías. Sin importar la marca de las motocicletas. Entre sus objetivos principales destacan:

- Promover la cultura responsable del motociclismo, además de buscar beneficios y prestaciones para sus afiliados.
- Mantener buena comunicación, promoción y publicidad de eventos, concentraciones, paseos, rally's (nacionales e internacionales), por medio de internet, e-mails, fax, correo.
- Conseguir descuentos y promociones de accesorios y artículos para motocicletas, tiendas, refacciones, hoteles, comercios.
- Conseguir la reducción de pago de cuota en autopistas, así como el pago de tenencias de las motocicletas.
- Mantener buena relación con autoridades municipales, estatales y federales en los diferentes estados del país.
- Informar a los afiliados de las hazañas y acontecimientos de los compañeros motociclistas.

- Apoyar de una manera incondicional los eventos de los motoclubes afiliados a la Asociación, haciendo promoción y difundiendo las diferentes actividades que pretendan realizar.
- Mantener una comunicación constante en foros de su página electrónica.

La aportación de la Asociación Mexicana de Motociclistas al proyecto del desarrollo de la Norma Oficial Mexicana de emisiones contaminantes para motocicletas, consistió en facilitar un grupo de motocicletas de diferentes capacidades para poder realizar con ellas diversos estudios. Cada motocicleta fue instrumentada y posteriormente, se realizó una serie de recorridos preestablecidos en los que se recopilaron datos que fueron de gran utilidad para elaborar un conjunto de ciclos de manejo representativos de la Ciudad de México.

Cabe mencionar que personal técnico altamente capacitado de dicha asociación, realizó todos los recorridos necesarios para recaudar la información necesaria para estos estudios. Estos se hicieron por distintas rutas previamente definidas por un grupo de investigadores de la máxima casa de estudios y garantizan la representatividad de la forma de conducir motocicletas en la Zona Metropolitana del Valle de México.

I.6. El proyecto de normativa de emisiones para motocicletas desarrollado para el GDF

La Facultad y el Instituto de Ingeniería, con apoyo del Gobierno del Distrito Federal, desarrollaron un equipo para medir emisiones de contaminantes en motocicletas, el cual puede utilizarse en cualquier verificentro³. Para el GDF, el objetivo principal de este proyecto es el es proponer un protocolo de normativa para el control de emisiones contaminantes, provenientes de las motocicletas de modelos recientes y de modelos anteriores, de 2 y 4 tiempos, a usarse o aplicarse en centros de verificación.

El gobierno del D.F. ha implantado medidas para el control de emisiones de los gases producto de la combustión de los vehículos automotores, debido al notable incremento de la contaminación atmosférica en esta ciudad. Actualmente la normativa que rige los niveles de emisión por parte de los vehículos, contempla automóviles y camiones pero no así a las motocicletas con motores de 2 y 4 tiempos.

Como se mencionó antes, en lo que respecta a las motocicletas, se puede observar un cierto rezago en la normativa mexicana, pues los procedimientos de prueba y niveles de emisión resultan no ser los adecuados, los fabricantes extranjeros e importadores regularmente no prueban el vehículo sobre un banco de rodillos cuando quieren homologar sus productos, y se amparan en las normas y pruebas realizadas en el lugar de origen.

³ La Gaceta (Organo Informativo de la UNAM) / "verificador puma de emisiones contaminantes de motocicletas"/ No 1,428 - 22 de enero de 2001-

El GDF celebró un convenio de colaboración con la UNAM a través de la F.I. para fundamentar y coadyuvar en la elaboración de la norma que regulará las emisiones contaminantes de las motocicletas de 2 y 4 tiempos, así como el desarrollo de los ciclos de manejo característicos en distintas zonas del Distrito Federal.

Uno de los puntos del convenio consistió en contar con un instrumento confiable para evaluar las motocicletas de forma que se pudiera generar un inventario de emisiones contaminantes real cuando éstas fueran evaluadas bajo los parámetros de conducción representativos de la ciudad de México (ciclos de manejo).

Así pues La Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Gobierno del Distrito Federal, participó en este proyecto principalmente brindando las facilidades para que el personal de la Universidad Nacional pudiera desarrollar el sistema para evaluación de Motocicletas.

La Universidad Nacional Autónoma de México por su parte se comprometió básicamente a :

- I. Diseñar, construir e instalar un sistema de adquisición de datos a bordo para motocicletas.
- II. Hacer un monitoreo en campo de la velocidad de las motocicletas para determinar los ciclos característicos de conducción de estos vehículos .
- III. Construir, instrumentar e instalar el banco de ensayos para motocicletas.
- IV. Realizar pruebas de campo con el equipo diseñado y los resultados obtenidos.
- V. Determinar los límites de concentración de gases contaminantes, de acuerdo a la cilindrada, tipo de motor (2 ó 4T) y año de fabricación, con base en el análisis estadístico que se haga a partir de los datos registrados durante las pruebas.

En cuanto al desarrollo de los ciclos de manejo se acordó:

- I. Construir e instalar un sistema de adquisición de datos a bordo con los sensores respectivos en diferentes motocicletas, para poder obtener los datos necesarios para determinar los ciclos de manejo representativos de la ciudad de México.

- II. Obtener las trayectorias representativas de velocidad contra tiempo y el resultado estadístico del análisis de los parámetros recolectados.
- III. A partir de las curvas obtenidas determinar los ciclos de manejo representativos del Distrito Federal..
- IV. Reproducir los ciclos en el banco dinamométrico para motocicletas diseñado.

En este capítulo se pudo conocer a las distintas dependencias que participaron de alguna manera en el desarrollo del proyecto para generar la Norma Oficial Mexicana de emisiones de vehículos de 2 y 4 tiempos; sin embargo dado que el tema de ésta trata acerca de la instrumentación de un dinamómetro para motocicletas es necesario preguntarse: ¿qué es un dinamómetro?, ¿para qué se utiliza?, ¿por qué se utilizan estos dispositivos en laboratorios de análisis de emisiones vehiculares?; todas estas interrogantes y otras que seguramente se preguntará el lector son aclaradas en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE MOTOCICLETAS

En el presente capítulo se comprenderá el proceso en que las motocicletas pueden ser evaluadas mediante la utilización de bancos dinamométricos. Así mismo, podrá conocer las diferentes tecnologías que éstas pueden emplear para llevar a cabo su función. También se presentan algunos modelos comerciales que se utilizan para evaluar este tipo de vehículos.

II.1. Función de los bancos para motocicletas

Conocer el comportamiento de las emisiones contaminantes expelidas por el motor de una motocicleta requiere que el vehículo sea probado en un laboratorio bajo condiciones similares a las de un camino. Los bancos dinamométricos (también llamados "bancos de motos"¹) son capaces de simular las condiciones de manejo en un entorno controlado. Mediante el uso de un dispositivo de esta naturaleza se puede hacer correr la motocicleta de acuerdo a una ruta preestablecida, conocida como "ciclo de manejo", mientras se analizan los gases expelidos de forma independiente. Hoy en día la instrumentación electrónica y el uso de software para controlar estos dispositivos es muy común en países altamente industrializados.

¹ RINCÓN GÓMEZ RODRIGO ALBERTO, Ensayos preliminares para homologación de motocicletas de 2 y 4 tiempos, Tesis (Maestro en Ingeniería -Mecánica-) UNAM- DGEF-FI, CU, 1997.

Como se mencionó, los bancos para motocicletas son instrumentos que se utilizan para simular condiciones de manejo en un entorno controlado. Aunque existen diferentes tipos de bancos, generalmente éstos se componen de una plataforma que posee un rodillo, encima del cual se hace girar la rueda motriz de la motocicleta, (fig. II.1). En algunos casos este rodillo se encuentra acoplado con un sistema integral de masas inerciales o a una unidad de absorción de potencia. Estas representan una carga para la motocicleta que generalmente se hace variar para simular un trayecto con o sin pendientes. De esta forma, mediante el uso de un banco de motocicletas es posible medir la potencia desarrollada por la misma.

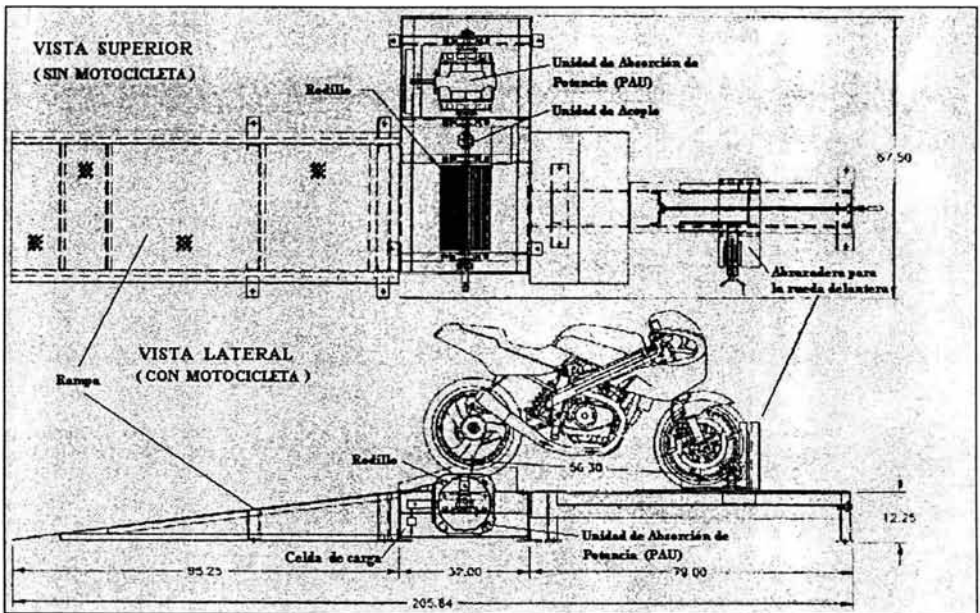


Fig. II.1. Aspecto típico de un banco de motos.

II.1.1. El dinamómetro como instrumento de medición

El dinamómetro, (fig. II.2), es un instrumento que se utiliza para medir la fuerza o potencia mecánica de un motor; comúnmente se utiliza en los laboratorios de análisis de emisiones de gases de vehículos que poseen motores de combustión interna. Estos se utilizan para analizar

los componentes contaminantes de las emisiones bajo determinado ciclo de trabajo, sin embargo, puesto que se trata de un instrumento que sirve para medir la potencia de un motor cualesquiera, también se pueden utilizar para hacer estas mediciones a motores eléctricos o de otra índole.

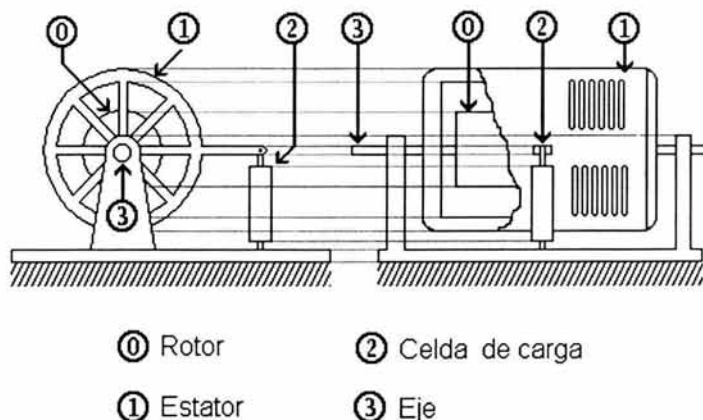


Fig.II.2. Elementos básicos de un dinamómetro.

Un dinamómetro se compone de tres partes fundamentales:

- Estructura de acoplamiento
- Unidad de absorción de potencia (freno)
- Celda de carga

La estructura de acoplamiento es la que se encarga de conectar al motor o al automóvil que se desea a evaluar con la unidad de absorción de potencia, para que ésta pueda frenarlo.

La Unidad de Absorción de Potencia o PAU (*Power Absortion Unit*), en realidad es un freno que se acopla al motor que se desea evaluar. Mediante una PAU es posible evaluar el desempeño de un motor al aplicarle diferentes intensidades de freno para observar su comportamiento en cuanto al consumo de combustible (rendimiento), nivel de ruido, potencia, velocidad, temperatura, etc.

La PAU está compuesta de dos partes fundamentales: el rotor y el estator. El motor a evaluar siempre se acopla al rotor de la PAU, para que sea frenado por medio del estator. La forma en que éste logra frenar al rotor depende de la tecnología que se utilice (puede ser mecánica, hidráulica o magnéticamente). El estator de una PAU es un elemento *flotante*, por que en lugar de que se encuentre fijo a una referencia estática, se sujeta mediante rodamientos a la flecha del rotor. Para evitar que éste gire junto con el rotor, se recarga en un dispositivo denominado celda de carga por medio de un brazo que los interconecta.

La celda de carga es un instrumento que se encarga de resistir la tensión que el motor ejerce sobre la unidad de absorción de potencia. Cuando el estator frena al rotor, éste tiende a girar en el mismo sentido que el rotor por que como se mencionó anteriormente es una estructura *flotante*; este movimiento se ve frustrado por la celda de carga. A pesar de ello, el estator logra girar ligeramente sobre el eje del rotor deformando la celda de carga ya sea comprimiéndola o estirándola (fig.II.3).

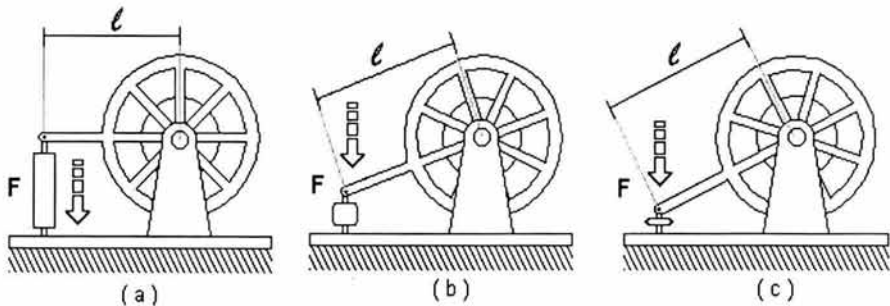


Fig. II.3. Dinamómetro en funcionamiento.

La deformación que sufre la celda de carga es longitudinalmente proporcional a la fuerza que el motor ejerce sobre ella. Generalmente la celda de carga consiste en una estructura metálica deformable que sea capaz de recobrar por sí misma su forma original. En la celda de carga se instala algún transductor que permita hacer mediciones longitudinales de las deformaciones que experimenta la celda cuando se enfrena a un motor. De esta forma se puede conocer el par del motor que se está evaluando.

II.2. Diferentes tipos de unidades de absorción de potencia

Existen diferentes tipos de unidades de absorción de potencia, dependiendo de la tecnología con la que fueron diseñadas entre las cuales se encuentran : La hidráulica, de corrientes parásitas, de histéresis, de partículas magnéticas, de corriente directa y de corriente alterna.²

II.2.1. La unidad de absorción de potencia hidráulica

La unidad de absorción de potencia *hidráulica*, no es más que una bomba hidráulica acoplada a un motor. Cuando el motor mueve al rotor de la bomba, los álabes que éste tiene succionan agua de un depósito denominado cisterna para después descargarla en la misma a través de una válvula. La válvula restringe el gasto del flujo hidráulico, generando así una resistencia mecánica que enfrena al rotor; entonces el estator que forma parte de un sistema *flotante*, tiende a girar junto con él y ejerce presión sobre una celda de carga (fig.II.4).

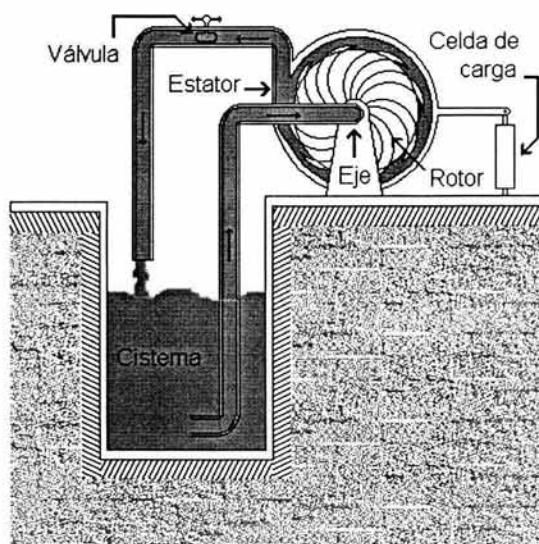


Fig.II.4. Esquema ideal de la instalación de una PAU hidráulica.

La celda de carga evita que el estator gire por completo y se deforme debido a la tensión entre el estator y el rotor. La tensión en la celda de carga se mide para conocer la fuerza que actúa en el

² JEFF ANDERSON. Different Kinds of Dynamometers and Power Absortion Units Propiedad literaria de Dyne Sistemas Cía. LLC. Revisado: 23 de marzo de 1997.

estator. Con una calibración apropiada, esta fuerza es una medida del *torque* producido por el motor cuando éste mueve el rotor en el agua. La carga aplicada al motor puede variarse estrangulando o permitiendo el flujo de agua por medio de la válvula. En este sistema el calor generado por la absorción de potencia se transfiere al agua que actúa como difusor térmico. Las principales ventajas que posee la PAU hidráulica son su bajo costo y la baja inercia que posee su rotor. Desafortunadamente la velocidad de respuesta de esta PAU es lenta y resulta muy difícil de estabilizar.

Las PAUs hidráulicas son muy eficaces si se utilizan para medir potencias altas. Estos absorbentes son típicamente la opción más económica disponible en el mercado, pero la desventaja que tienen es que durante las pruebas a velocidades bajas, la carga resulta ser muy pobre. Por estos motivos no se utilizan para bancos de motocicletas. Además el absorbente hidráulico es más difícil de manejar porque el agua es un medio menos controlable que la corriente eléctrica.

II.2.2. La unidad de absorción de potencia de corrientes parásitas

La unidad de absorción de potencia de corrientes parásitas se conoce comúnmente con el nombre de *unidad de absorción de corrientes de eddy*, y consiste en un rotor robusto metálico y un estator provisto de varios devanados.

Los devanados del estator que están dispuestos en pares de polos (*Norte-Sur*), se excitan con corriente continua para inducir una corriente eléctrica en el rotor cuando éste se encuentra en movimiento (fig.II.5).

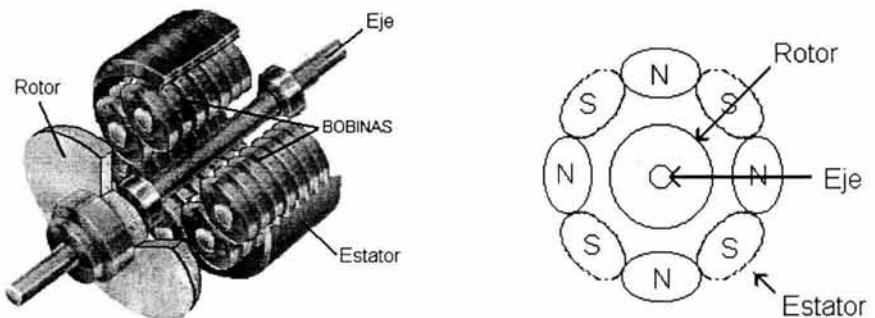


Fig.II.5. Elementos básicos de una PAU de corrientes de eddy.

Estas corrientes que circulan en el rotor en forma de remolino se denominan corrientes *parásitas* (*eddy currents*) o corrientes de *Focault* y poseen un campo magnético con una polaridad inversa al campo que las induce, debido a esto, se genera una mutua atracción entre el rotor y los devanados del estator, provocando que éste último intente moverse en la misma dirección del rotor, evitando que éste pueda girar libremente. Una celda de carga evita que el estator gire en la dirección del rotor.

La tensión en la celda de carga se mide para conocer la fuerza que actúa en el estator. Con calibración apropiada, esta fuerza es una medida del torque producido por el motor cuando mueve el rotor en los campos electromagnéticos generados por el estator.

La carga del dinamómetro se varía modulando la corriente eléctrica a través de las bobinas. Debido a que en el rotor se generan las corrientes de *eddy*, éste actúa como una resistencia eléctrica y se calienta notablemente. Por esta razón el calor generado por la absorción de potencia necesita ser disipado a través de un sistema refrigerante externo.

Las *PAUs de corriente de eddy* son más voluminosas, complejas y caras que un freno *hidráulico*, y resultan ser una opción muy eficaz a r.p.m. bajas; además éstas son más fáciles de controlar con precisión que las *PAUs Hidráulicas*; sin embargo, éstas últimas resultan ser muy convenientes para evaluar el desempeño de un motor durante su proceso de desarrollo, en donde se requiere forzar a los motores a marchas muy prolongadas y desgastantes exigidas por el departamento de control de calidad del fabricante.

II.2.3. La unidad de absorción de potencia de histéresis

Existe otra unidad de absorción denominada *de Histéresis*. Actualmente es una de las *PAU's* más utilizadas en los dinamómetros que se compone de dos miembros primarios: la masa (estator) y el rotor. Estos interactúan magnéticamente para producir una fuerza que frene al motor a evaluar. La masa es una estructura metálica *flotante* respecto al rotor provista de una bobina que la circunda. El rotor posee una estructura cilíndrica sujeta por uno de sus extremos a una flecha de acoplo. Este se suspende en la oquedad que se forma en la masa, de modo que tanto el rotor como la masa queden a unos cuantos milímetros de separación (fig.II.6).

Cuando una corriente eléctrica fluye por la bobina que circunda a la masa, un campo magnético proporcional a ésta se establece dentro de sí. El rotor, localizado dentro de la masa, se magnetiza resistiéndose al movimiento, creando un torque de frenado (o unión del embrague) entre la estructura de la masa y el rotor.

La transmisión del torque permanece constante. En algunas ocasiones el rotor puede producir un efecto denominado "Cogging Torque" (a veces llamado el torque ondulatorio). El torque de *Cogging* es una característica inherente de un freno de histéresis que ocurre cuando de forma repetitiva el estator logra detener por completo al rotor por un pequeño lapso de tiempo. Este fenómeno provoca que el sistema completo presente vibraciones que en la mayoría de los casos pueden evitarse y/o controlarse.

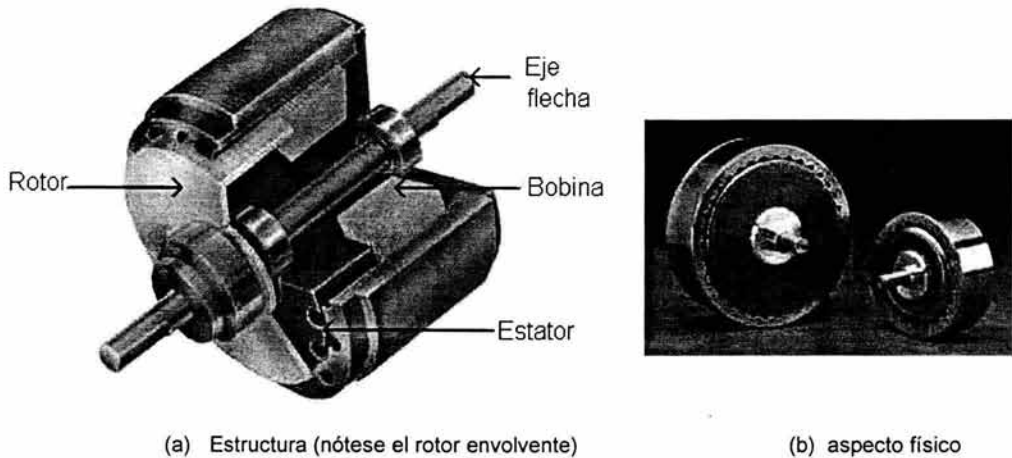


Fig. II.6. La PAU de histéresis.

El torque del *cogging* no es un defecto de los frenos de histéresis, sin embargo, bajo ciertas circunstancias, una condición del *cogging* puede presentarse en cualquier dispositivo de este tipo. Los frenos de histéresis son a menudo confundidos con los frenos de *partículas magnéticas* y con los *de corrientes de eddy*.

II.2.4. La unidad de absorción de partículas magnéticas

El freno de *partículas magnéticas* es un tipo de PAU parecido al de *corrientes de eddy*, que tiene polvo de metal fluyendo libremente entre las estructuras del rotor y el estator. Cuando se excitan las bobinas que se encuentran en el estator, las partículas metálicas se magnetizan y forman cadenas a lo largo de las líneas de fuerza del campo magnético, uniéndose físicamente al estator con el rotor y provocando con ello que este último se frene.

Debido a que el proceso de frenado es causado por el contacto físico del rotor con las cadenas de polvo, continuamente se genera calor.

Los frenos de la partícula son capaces de producir un torque muy alto, pero la fricción, entre las partículas hace que este tipo de PAU tenga una estabilidad pobre, por esta razón actualmente es una de las menos utilizadas para la manufactura de dinamómetros.

II.2.5. La unidad de absorción de corriente directa

La unidad de absorción de potencia de corriente directa es básicamente un generador de DC que ha sido acoplado a un motor o a un automóvil (fig.II.7). La carga aplicada al motor que se está evaluando puede variarse por medio de resistencias conectadas a las terminales del generador. En este sistema el calor generado en las resistencias por la absorción de potencia necesita ser disipado por un refrigerante externo.

Estos absorbentes casi no se utilizan por que resultan ser bastante caros además de que aumentan la inercia del dinamómetro.

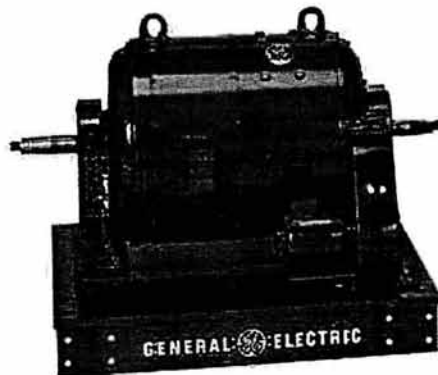


Fig.II.7. PAU de absorción de C.D. manufacturada por GENERAL ELECTRIC®.

II.2.6 La unidad de absorción de corriente alterna

La unidad de absorción de potencia de corriente alterna es similar a una PAU de DC excepto que se trata de un motor de CA. Las ventajas que tiene respecto a las PAU's de DC son que tiene una inercia más baja. Esto permite al dinamómetro hacer cambios de velocidad rápidos, pero su costo también es alto y presenta problemas de FEM.

II.3. Importancia de los ciclos de manejo

Un ciclo de manejo es una representación gráfica de la forma de conducir típica o característica de un tipo de vehículo en una localidad específica en una temporada particular. Dado que las motocicletas van evolucionando con el tiempo, al igual que el tráfico y medio ambiente de las ciudades, un ciclo de manejo tiene una vida útil de aproximadamente diez años³.

Conociendo los ciclos de manejo de un vehículo en particular, es posible simular el comportamiento de vehículos similares en laboratorios bajo condiciones controladas. De esa forma se puede estudiar su comportamiento sin tener que exponer el vehículo a un entorno real.

Para llevar a cabo el proyecto en cuestión, fue necesario desarrollar seis ciclos de manejo diferentes, que fueran representativos del parque vehicular de motocicletas de dos ruedas, de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Dado que existe una gran variedad de motocicletas, se tomaron los modelos más representativos que circulan en la Ciudad de México y se clasificaron de acuerdo a su cilindrada y número de carreras por ciclo de trabajo. Esta clasificación se muestra en la tabla II.1.

Grupo	Cilindrada cc	Carreras o tiempos / ciclo
1	50	2 y 4
	80	2 y 4
2	100	2 y 4
	125	2 y 4
	175	2
	250	4
3	250	2
	350	2 y 4
		4
	4	4
	750	4
5	1000	4
	1100	4
6	1200	4

Tabla II.1 Clasificación de motocicletas de la ZMVM.

A partir de ésta clasificación se hizo un análisis dinámico tomando en cuenta parámetros importantes como son; velocidad, par y potencia de las mismas.

³ RINCÓN GÓMEZ RODRIGO ALBERTO, Modelado de tráfico urbano con diferentes densidades de flujo, Tesis (Doctor en Ingeniería -Mecánica-) UNAM- DGEF-FI, CU, 2001.

Con el fin de obtener los ciclos de manejo representativos de cada grupo de la clasificación mostrada en la tabla anterior, se instrumentaron diferentes motocicletas. Dicha instrumentación consistió básicamente de un adquisidor de datos programable, dedicado al monitoreo de la velocidad de la motocicleta. Este dispositivo hacía el registro de dicha variable con una frecuencia de una muestra por segundo. El adquisidor es controlado por un sistema central de procesamiento digital, capaz de comunicarse con una computadora personal a través del puerto serial para poder descargar la información producto de un evento experimental (recorrido).

Después de un gran número de recorridos por las distintas áreas de la ciudad, se obtuvo una colección de información con la que se formó una base de datos. La información recabada fue objeto de diferentes estudios estadísticos que permitieron encontrar las formas características en que la gama de motocicletas del parque vehicular conduce por la ciudad.

El patrón resultante sirve de ruta crítica para evaluar a las motocicletas que tienen características comunes. Los seis ciclos de manejo para motocicletas de 2 y 4 tiempos, desarrollados en el Laboratorio de Control de Emisiones pueden consultarse en el apéndice D.

II.4. Bancos comerciales actuales

El banco de ensayos para motocicletas es un instrumento fiable para reproducir las condiciones de marcha de una motocicleta en carretera. Es un dispositivo de bajo riesgo, en el cual se pueden hacer evaluaciones de forma objetiva y al margen de factores externos. Esto explica la gran variedad de bancos de ensayos para motocicletas que existen en el mercado, estos han alcanzado un desarrollo significativo a causa de la robusta instrumentación y automatización de que son objeto. Algunos de estos modelos han tenido una demanda considerable y se fabrican tanto de forma compacta (portátiles) como estacionarios. Estos últimos son muy utilizados para el trabajo pesado, pues el hecho de estar fijos les permite absorber con mayor eficacia las vibraciones.

Enseguida se presentan algunos de los bancos de prueba y comerciales por tanto más conocidos.

II.4.1. Banco de ensayos para motocicletas marca TECNER ®

Este banco (figura II.8) es tanto inercial como dinamométrico y ha sido diseñado para la evaluación de vehículos y reproducción de condiciones de carga reales según dos métodos:

- Inercial, en este tipo se evalúa la energía desarrollada por el motor a través de la capacidad par acelerar un sistema mecánico con una inercia determinada. Se caracterizan por tener una respuesta de prueba muy rápida, no es necesario refrigerar el vehículo; presentan una simulación de procesos transitorios (aceleración), además son apropiados para pruebas comparativas y de potencia en aceleración.
- Dinamométrico, este tipo de banco permite ensayos en régimen estabilizado, es decir la simulación de la carga real se realiza mediante un dinamómetro de absorción (basado en corrientes de Foucault) balanceado, el cual opone una resistencia al giro de la rueda del vehículo, dicho giro es regulable de forma real y exacta en todo el rango de utilización de la motocicleta, se caracteriza por tener una velocidad de respuesta más lenta, debido a que al proceso de prueba es más completo y se requiere refrigerar tanto al dinamómetro como a la motocicleta .



Figura II.8. Banco marca Tecner®.

Las lecturas que se obtienen se realizan de forma directa y con un mayor grado de precisión que en el del tipo anterior, se pueden observar mediciones de par, potencia , velocidad, régimen de giro, etc. Este tipo de bancos tienen la posibilidad de estabilizar el vehículo a cualquier régimen para la evaluación de los parámetros deseados. Su uso está

encaminado para trabajos de diseño, investigación, homologación, desarrollo de nuevos productos, modificaciones del vehículo, etc.

II.4.2. Banco de ensayos para motocicletas marca Borghi & Saveri®

Este banco de ensayos opera con un freno eléctrico enfriado por agua, tiene la posibilidad de probar el motor instalando directamente la flecha de acoplamiento del dinamómetro a la transmisión de la rueda trasera previamente desmontada. Así mismo ofrece como características principales bajo costo, respuesta de prueba muy rápida, las mediciones se obtienen directamente de su carátula analógica, el control de frenado se realiza manualmente, no presenta pérdidas por fricción del neumático. Presenta ciertas desventajas, como lo es el que la motocicleta tiene que ser ventilada y solamente se obtiene la potencia del motor con distintos niveles de frenado. Sus componentes se muestran en la figura no. II.9.

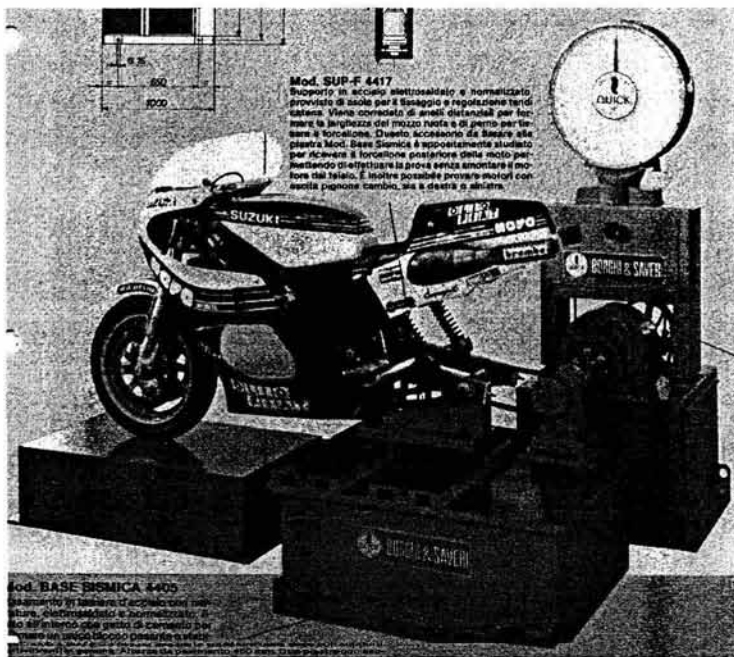


Fig.II.9. Banco de ensayos para motocicletas marca Borghi & Saveri®.

II.4.3. Banco de ensayos marca Superflow®

Este tipo de banco trabaja bajo el principio de corrientes de *eddy*, como el que se muestra en la figura no. II.10. En este equipo la obtención de mediciones se realiza de forma rápida y precisa, puede registrar parámetros de velocidad, potencia en la rueda, potencia del motor, pérdidas de la transmisión y permite la recuperación inmediata de cualquier ensayo realizado con anterioridad. Dicho banco cuenta con un sistema de sujeción de la rueda delantera que se realiza por medio de mordazas accionadas por un sistema neumático y controlado por actuadores electromagnéticos. Tiene una consola de control y obtención de resultados desde la propia motocicleta que permite visualizar el régimen de velocidad, temperatura del motor, carga aplicada al freno, así como las presiones del aire y del combustible; también cuenta con un mando de control remoto para realizar las pruebas a distancia y de manera automática. Aunque es uno de los bancos comerciales más completos del mercado su uso se ve limitado debido al alto costo que tiene.

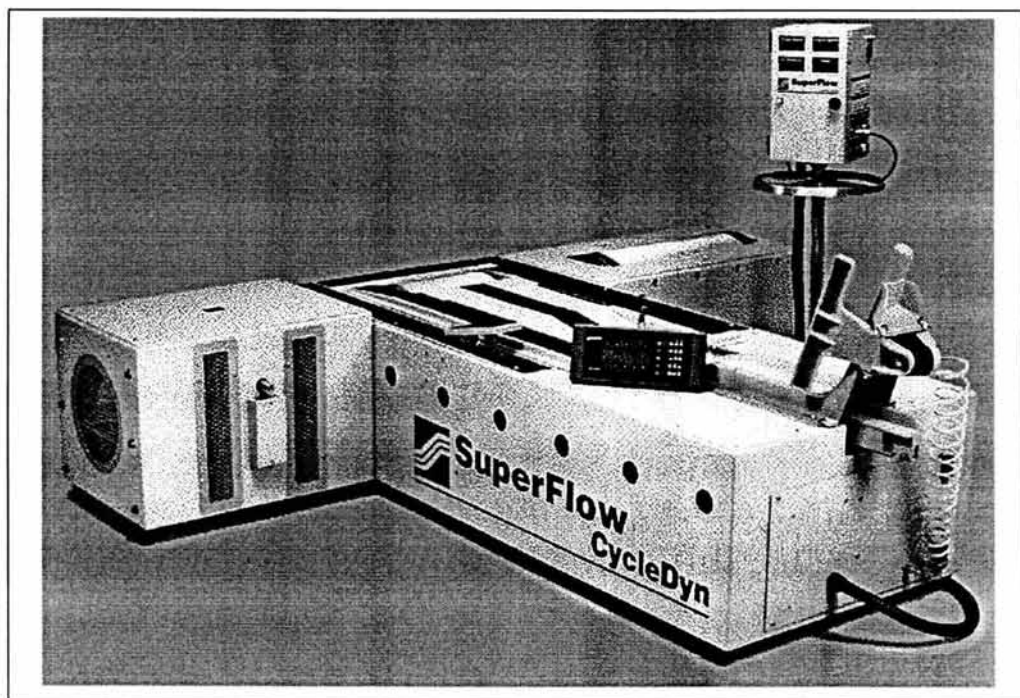


Figura II.10. Banco de ensayos marca Superflow®.

II.1.4. Banco de ensayos para motocicletas marca MARCO®

Este banco es del tipo de masas inerciales estacionario (fig.II.11) y en el se realizan pruebas de motocicletas de modelo scooter (baja cilindrada) hasta las llamadas todo terreno, esto significa que es un banco de dimensiones considerables y por lo tanto el área donde ha de instalarse tiene que ser lo suficientemente espaciosa. De los bancos comerciales mencionados anteriormente, éste es el único que incluye pruebas de emisiones, las cuales incluye: un muestreo a volumen constante, un sistema de análisis de emisiones para mediciones de muestras diluidas en el tubo de escape, dos sistemas de análisis para mediciones de muestras crudas de gases de escape, equipado cada uno con un hilo caliente y con analizadores de hidrocarburos para las pruebas en motocicletas con motor de dos tiempos. Debido a la instrumentación con que cuenta el costo resulta muy elevado.

Las características de este banco son las siguientes:

- Masas inerciales de 70 a 100 kg.
- Limite de velocidad 190 km/h.
- Absorción de potencia 100 HP.
- Ventilador de refrigeración de velocidad variable.
- Sistema de adquisición de datos automático. Control del equipo desde una computadora personal.

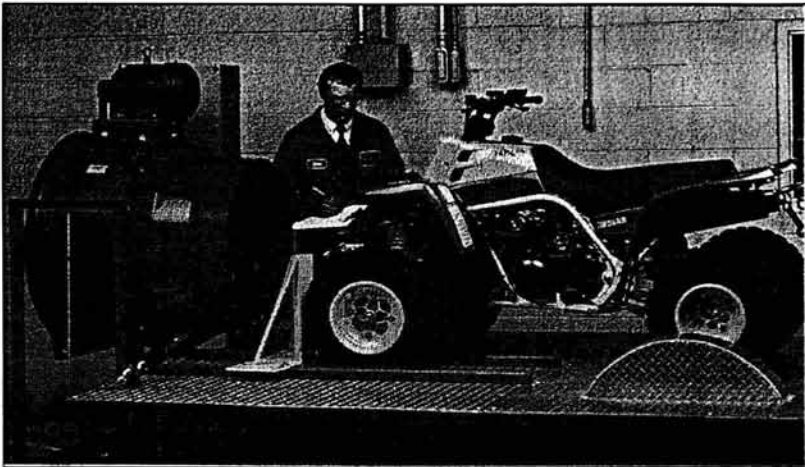


Figura II.11. Banco de ensayos marca Marco®.

II.4.5. Banco de ensayos para motocicletas marca DINOJET®

El banco Dinojet (fig. II.12) usa un freno que trabaja con el principio de corrientes de *eddy*, está clasificado dentro de los bancos móviles, su operación se realiza desde una computadora personal para activar la carga aplicada al freno, controlar el desplazamiento del sistema de sujeción a la distancia requerida, la apertura y cierre del papalote del ahogador de la motocicleta. La sujeción de la rueda delantera se realiza de forma manual.

Este tipo de banco es uno de los más económicos en el mercado. A continuación se menciona sus características principales.

- Precisión de balanceo en el rodillo.
- Límite de velocidad de 322 km/h.
- Absorción de potencia hasta 500 HP.
- Medición automática de la presión y temperatura absoluta y de la humedad relativa.
- Recibe y procesa las señales de la chispa de ignición para medir la velocidad del motor.
- Control automático desde una computadora personal.

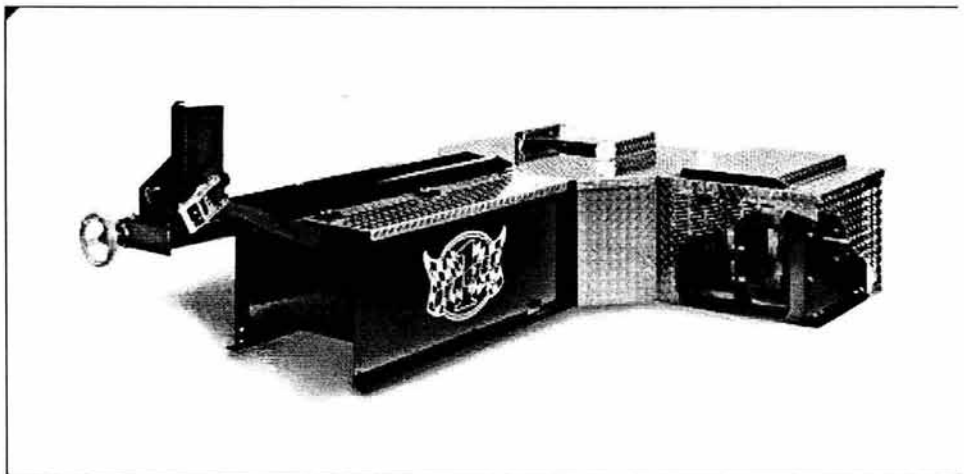


Fig. II.12. Banco de ensayos marca Dinojet®.

En este capítulo se presentó una breve pero concisa visión de los diferentes tipos de bancos dinamométricos para motocicletas, permitiendo que se tenga una idea básica de su funcionamiento y de sus aplicaciones. De esta forma el se puede dar cuenta que las diferencias existentes entre los dinamómetros influyen notablemente en la forma en que éstos tienen que ser instrumentados. Dado que la instrumentación de este equipo fue hecha alrededor de una computadora personal, en el próximo capítulo se describirá con detalle la forma en que pueden adquirirse datos por medio de estos dispositivos.

CAPÍTULO III

ADQUISICIÓN DE DATOS

El presente capítulo permitirá familiarizarse con la terminología que se emplea en la instrumentación electrónica "digital" a partir de sus orígenes. Debido a que para el desarrollo de este proyecto se utilizó una Tarjeta de Adquisición de Datos (TAD) y un entorno de programación virtual, se incluye preferentemente información acerca de su estructura y funcionamiento que le faciliten al lector la lectura de los capítulos subsecuentes.

III.1. Las computadoras personales y los sistemas de adquisición de datos

Son muchas las aplicaciones donde se hace indispensable el tratamiento de señales que nos proporcionen información sobre fenómenos físicos. Generalmente es necesario hacer este tratamiento sobre cantidades de información que suelen ser muy grandes para procesarlas manualmente. Por esta razón es necesario utilizar sistemas de cómputo que ofrecen gran velocidad de procesado sobre cantidades elevadas de información. Los dispositivos utilizados para la adquisición de señales son las TAD's, que son las que proporcionan a la computadora personal (PC) la capacidad de adquirir y generar señales tanto analógicas como digitales. Sin

embargo éstas no son las únicas funciones que desempeñan estos dispositivos, ya que entre otras cosas también disponen de contadores y temporizadores.

Actualmente son varias las firmas comerciales que se dedican a la manufactura de equipo digital especializado en la instrumentación electrónica. Todas ellas generan tanto el software como el hardware que permitan al usuario hacer la adquisición de señales provenientes de los transductores. Las características que identifican a una u otra tarjeta de adquisición son las que finalmente dictan su capacidad de adquisición.

III.2. La Tarjeta de Adquisición de Datos

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó una tarjeta de adquisición de datos. Esta tarjeta cuenta con un convertidor analógico/digital de aproximaciones sucesivas de 12 bits y ocho canales de entrada analógicos que pueden ser configurados como cuatro canales diferenciales si se desea. La tarjeta también posee dos convertidores digital/analógico de 12 bits, con sus respectivas salidas analógicas, y 24 terminales TTL dispuestas en tres puertos de ocho bits, que pueden configurarse como entradas o salidas¹.

La tarjeta de adquisición esta compuesta de los siguientes bloques que operan conjuntamente (vea fig.III.1):

- Circuito de interfaz con la computadora personal.
- Memoria FIFO.
- Convertidor analógico/digital de 12 bits.
- Amplificador de ganancia programable.
- Multiplexores de entrada.
- Módulos temporizadores/contadores programables.
- Adaptador para interfaz con periféricos.
- Oscilador de 10MHz y divisor de frecuencia.
- Convertidores digital/analógico de 12 bits.

El circuito de interfaz con la computadora personal está compuesto por registros de dirección, decodificadores de dirección, registros de direccionamiento (buffer de datos), controlador de tiempo de entrada/salida de datos, un controlador de acceso directo a memoria y un controlador de interrupciones. Este circuito monitorea las direcciones (SA5 - SA9) del microprocesador de la computadora personal para generar la señal que habilite al registro de la tarjeta que se utilizará. Las direcciones (SA0- SA4) se utilizan junto con las señales de tiempo para generar las señales

¹ *Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®*
Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990

de escritura/lectura. Los registros de direccionamiento se utilizan para poder transferir información de forma bidireccional con el canal de entrada y salida de la P.C.

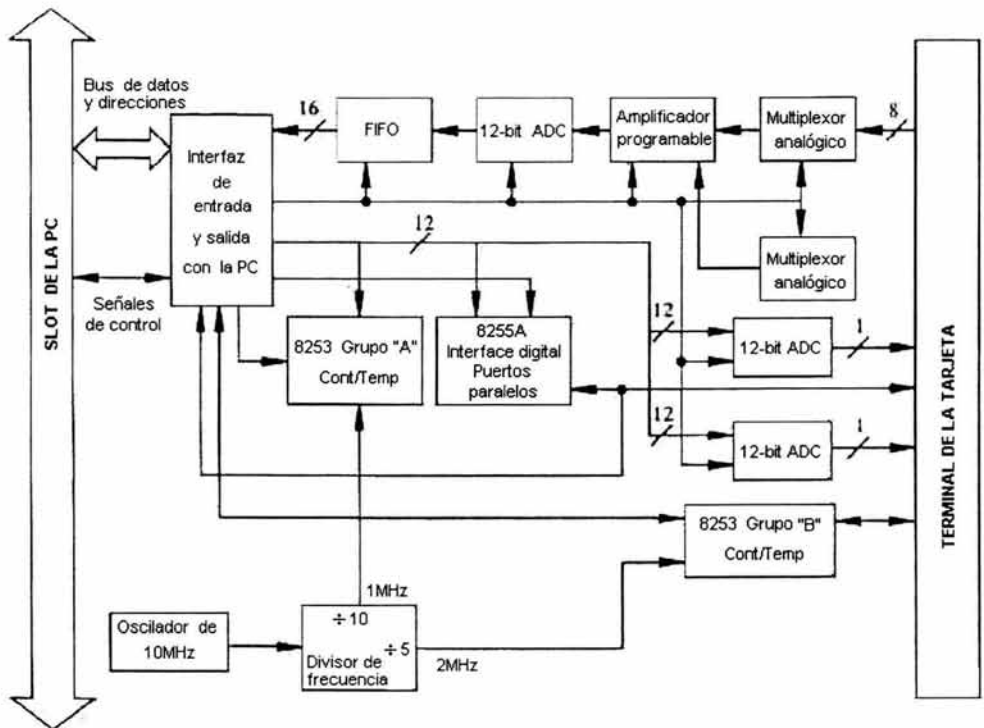


Fig.III.1 Diagrama esquemático de la tarjeta de adquisición.

El circuito de control de interrupciones (fig.III.2) se encarga de canalizar todas las señales de interrupción que se encuentren habilitadas hacia la P.C. El circuito de control de interrupciones se encarga de canalizar todas las señales de interrupción que se encuentren habilitadas hacia la P.C. En la TAD pueden ser utilizadas seis líneas de interrupción: IRQ3, IRQ4, IRQ5, IRQ6, IRQ7 así como IRQ9. Los eventos que pueden generar una señal de interrupción en la tarjeta son los siguientes:

- Cuando existe un dato disponible después de una conversión en el convertidor analógico/digital para que pueda ser leído del registro FIFO.
- Cuando existe una señal de OVERFLOW (desbordamiento de la memoria FIFO).
- Cuando se utiliza el acceso directo a memoria (DMA).
- Cuando un puerto digital de entrada o salida se encuentre listo para transferir información.
- Cuando se detecta un flanco de bajada en el contador A2.

El circuito de control del DMA, genera una señal de pedido al convertidor analógico/digital, si éste le devuelve una señal que indique que existe información en el FIFO, y además se encuentra habilitado el DMA, entonces el sistema procede a hacer una transferencia de datos con la PC a través de los tres canales del puerto de la misma.

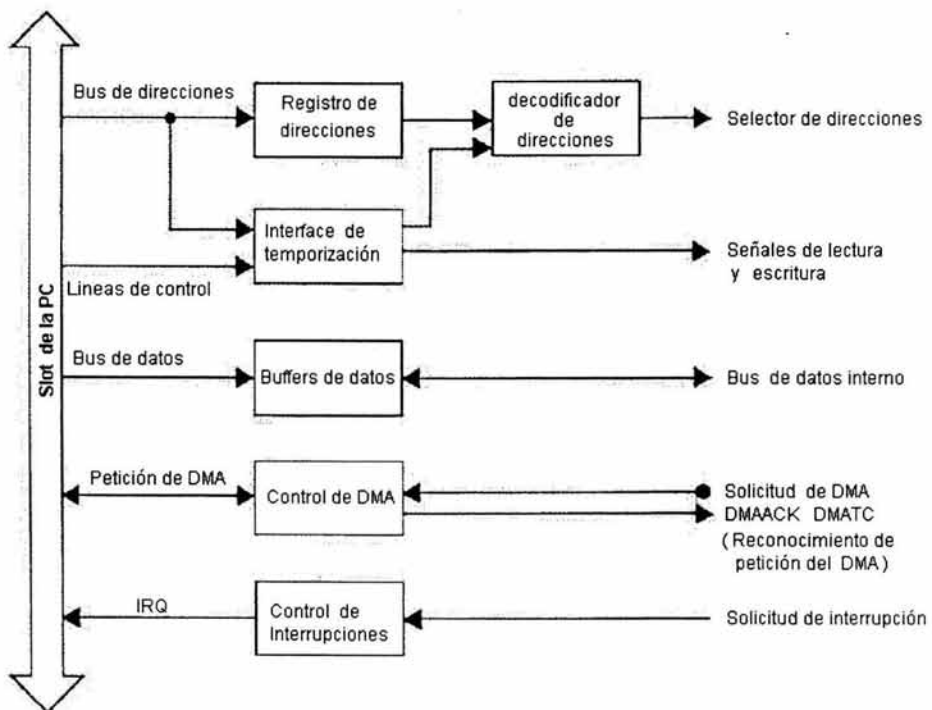


Fig.III.2. Interface de entrada y salida con la PC.

La TAD posee ocho canales de entrada analógicos que se canalizan por medio de dos multiplexores de tecnología CMOS, hacia un amplificador de instrumentación. Posteriormente la señal debe ser procesada por una etapa de sample and hold, que la conduce posteriormente hacia el convertidor analógico/digital (fig.III.3).

Uno de los multiplexores posee ocho canales de entrada y uno de salida, el otro posee 5 canales de entrada y uno de salida. Estos multiplexores poseen en cada canal de entrada una etapa de protección para voltajes mayores a 45 V y menores a -45 V.

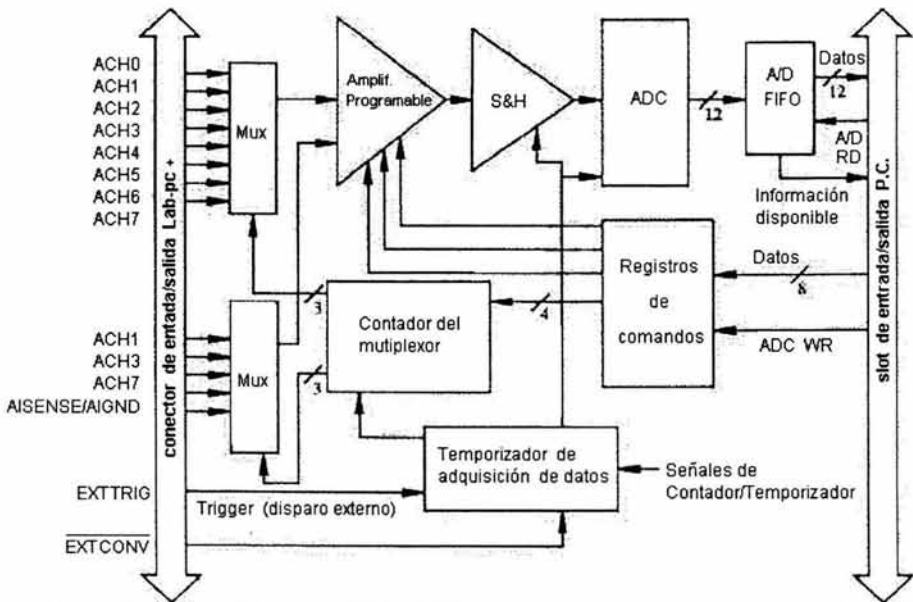


Fig.III.3. Sistema de adquisición de datos.

El amplificador de instrumentación programable permite amplificar las señales de entrada antes de que sean procesadas por el sistema, con el fin de mejorar la resolución y la precisión. La ganancia del amplificador puede ser modificada por medio de software y puede proveer ganancias con valores de : 1, 2, 5, 10, 20, 50, y 100.

La tarjeta de adquisición utiliza un convertidor analógico/digital de aproximaciones sucesivas de 12 bits, por lo que la resolución del convertidor es de (1/4096). Este dispositivo puede convertir

señales unipolares que tengan un rango de 0 a 5 voltios; o bien señales bipolares con rangos que van desde -5 a +5 voltios. Cuando se termina de convertir un nivel de voltaje a un número binario, el convertidor automáticamente lo guarda en una memoria tipo FIFO que se utiliza como buffer para permitir al convertidor hacer nuevas conversiones, antes de que se procese la información.

La memoria FIFO tiene una capacidad de 512 palabras de 16 bits. A pesar de que el convertidor tenga como salida números binarios de 12 bits, el hecho de que la memoria FIFO tenga capacidad de guardar números de 16 bits se debe a que el resto de los bits se utilizan para indicar el modo de configuración del sistema, es decir, si el número guardado representa o no a un voltaje bipolar. Cuando la velocidad de conversiones supera la capacidad del convertidor ocurre un error de desbordamiento de la memoria FIFO con pérdida de información.

La TAD tiene un registro de estatus, que el sistema puede leer para comprobar si existe o no un dato disponible en la memoria FIFO.

La adquisición de datos en sí es un proceso en el cual se toma una secuencia de muestras durante un intervalo de tiempo predeterminado (fig.III.4). Debido a esto la tarjeta cuenta con dos circuitos contadores/temporizadores programables del tipo 8253A, que se utilizan para generar las bases de tiempos que gobiernan al sistema de adquisición.

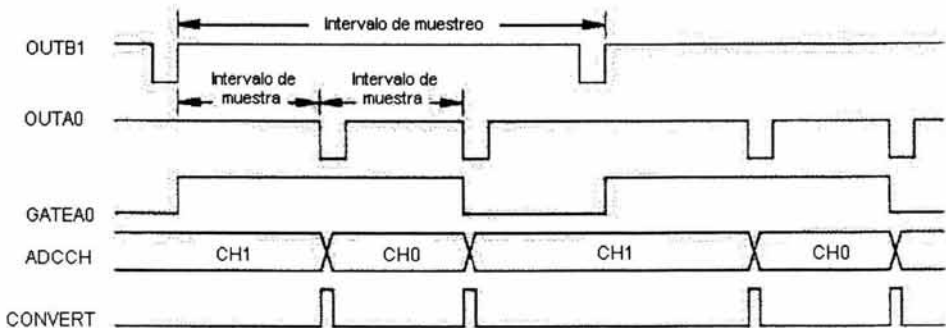


Fig.III.4. Proceso de adquisición de señales analógicas.

Cada circuito 8253A posee un grupo de tres contadores/temporizadores de 16 bits programables. El primer grupo de contadores/temporizadores, denominado "grupo A", está compuesto por los contadores/temporizadores (A0, A1 y A2), utiliza un reloj de 1MHz y se utiliza para gobernar internamente los procesos de adquisición de datos; mientras que el segundo grupo denominado "grupo B", compuesto por los contadores/temporizadores (B0, B1 y B2), utiliza un reloj de 2MHz y es para uso general (fig.III.5).

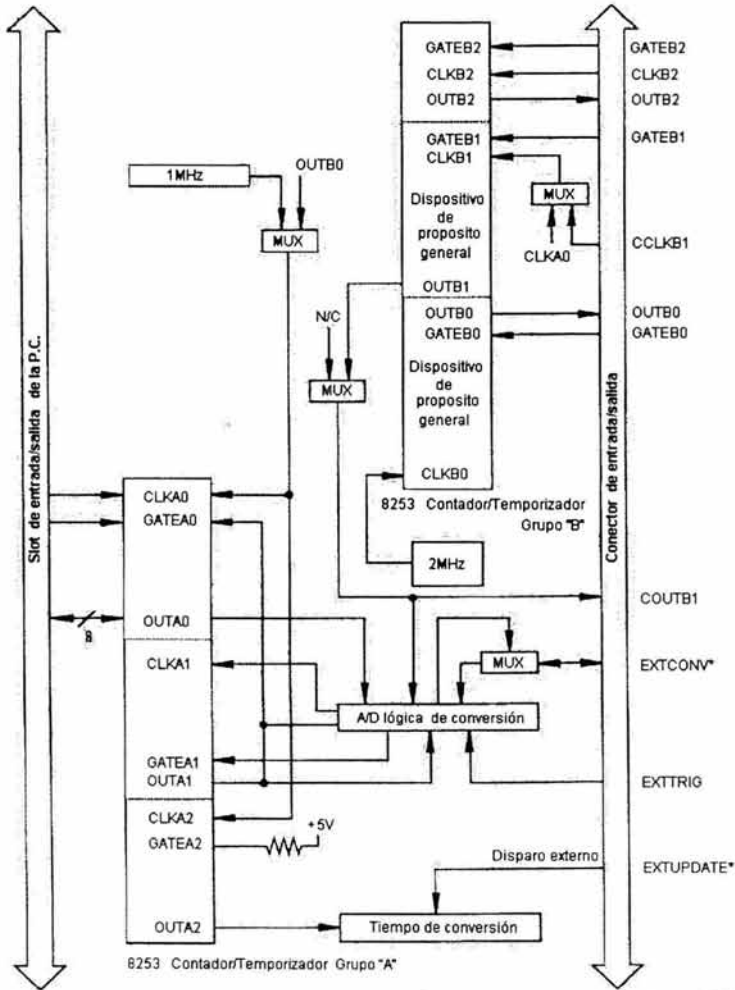


Fig.III.5 Sistema de temporizadores en la TAD.

Opcionalmente el grupo A puede ser gobernado por el contador B0, para generar el periodo durante el cual se van a tomar muestras.

La tarjeta también cuenta con dos convertidores analógico/digital (ADC's) de aproximaciones sucesivas de doce bits, mediante las cuales se puede proveer señales de voltaje bipolar o unipolar (fig.III.6). La salida de voltaje está disponible en el puerto de entrada y salida de la tarjeta a través de las terminales denominadas DAC0 y DAC1.

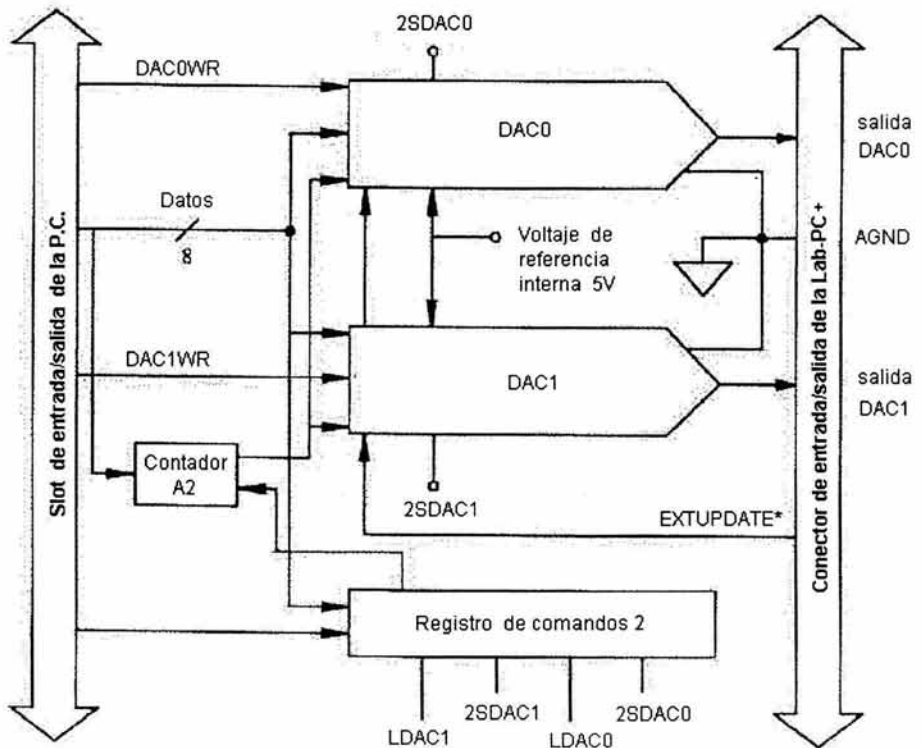


Fig.III.6. Sistema de control de convertidores digital-analógico.

Los niveles de voltaje que proveen los convertidores digital/analógico pueden ser actualizados de tres maneras diferentes, dependiendo del estado de una señal denominada LDAC en el registro de control "COMMAND REGISTER 2", como se aprecia a continuación:

- Si la señal LDAC está en bajo, el valor de voltaje que provee el convertidor es actualizado en la terminal de salida inmediatamente después de que se llevó a cabo la última conversión.
- Cuando la señal LDAC está en alto, el valor de voltaje que provee el convertidor es actualizado por medio del contador A2.

Dependiendo de la posición de un conector (*jumper*) que se encuentra en la tarjeta, la salida de los convertidores puede ser bipolares (-5V a 5V) o unipolares (0V a 10V).

La entrada y salida de señales digitales de la TAD fue diseñada a través de un circuito integrado 8255A. Este circuito es una interface paralela programable (Programable Interface Adapter, *PIA*). Posee 24 terminales TTL distribuidos en tres puertos paralelos de ocho terminales que pueden configurarse como entradas o salidas. Estos puertos también pueden configurarse como dos grupos de 12 terminales.

Como se mencionó anteriormente la TAD posee dos contadores/temporizadores 8253. Uno de estos contadores se utiliza internamente para gobernar el tiempo de adquisición y el otro está disponible para que el usuario lo utilice.

La velocidad máxima de adquisición de datos (numero de muestras por segundo) está determinado por el periodo de conversión del ADC y el tiempo de adquisición de la etapa de *sample and hold*. Si se utiliza un muestreo múltiple (cuando se usan más de un canal de entrada analógica) el tiempo de adquisición se ve considerablemente afectado debido al tiempo de atención de los multiplexores y la ganancia programable. Cuando se utilizan múltiples canales analógicos, la velocidad de muestreo de la tarjeta puede reducirse de 83300 m.p.s. hasta llegar a 20000 m.p.s. dependiendo de la ganancia del amplificador de Instrumentación.

La TAD puede detectar cuando el tiempo de adquisición no es suficiente y activa una señal de **OVERRUN** en el registro de estatus. Cuando esto ocurre existe pérdida de información y no es posible adquirir información verdadera de algún evento.

III.3. Software de control de una TAD

Toda tarjeta de adquisición de datos necesita un software de control. Este control se puede llevar a cabo de tres formas distintas. La primera consiste en la programación directa de los registros de la tarjeta. Es el método que permite más flexibilidad en cuanto a la capacidad de control pero

también es el más costoso en cuanto tiempo y dificultad de programación². Otro método es utilizar un *driver* o software de control de tarjeta. Se trata de una serie de funciones que actúan sobre los registros de la tarjeta pero a un nivel de programación superior al de la programación directa de los registros. Proporciona la misma flexibilidad de programación que ésta, pero el tiempo de desarrollo de la aplicación disminuye de una forma apreciable³.

Por último, cabe la posibilidad de controlar la tarjeta a través de un programa de nivel superior a los anteriores. Esto permite el desarrollo de aplicaciones potentes en cuanto a representación y análisis se refiere.

Aunque se desee hacer uso de una aplicación de alto nivel, es imprescindible conocer la existencia y el funcionamiento básico del *driver* correspondiente si se desea aprovechar al máximo las prestaciones de la tarjeta. En general cualquier aplicación se dedica a llamar a las funciones de este software. Es conveniente que el software de control de la tarjeta de adquisición sea del mismo fabricante de ésta.

El software de control es una biblioteca que soporta diversas tarjetas de adquisición de datos. Este gestiona tanto las entradas como las salidas analógicas y digitales, las señales de temporización, el control de DMA para lenguajes de programación convencionales, el control de los triggers y el multiplexado de señales. También dispone de funciones de control para RTSI(Real Time System Integration).

El software de control para Dos/Windows incorpora las bibliotecas DLL (Dinamic Link Library). Esto permite una gran flexibilidad para el control de la tarjeta utilizando diferentes lenguajes de programación. El software de desarrollo es uno de los lenguajes con posibilidades para su uso, entre otros, Borland C++, Turbo PASCAL para Windows.

Las posibilidades de programación que facilita el software de control son, básicamente gestión de buffers y datos, gestión de recursos y mensajes conducidos por eventos.

III.4 El entorno de software para desarrollo de aplicaciones

El control de instrumentación por medio del uso de computadoras personales no es algo nuevo ya que se remonta a los años 70's, cuando se utilizó por primera vez la interface de bus IEEE 488 o GPIB (General Purpose Interface Bus). Sin embargo, es hasta los años 90's, cuando los procesadores de 16 y 32 bits se han incorporado a equipos asequibles, consiguiendo altas velocidades y grandes capacidades de memoria. Esta popularización de las computadoras

² Antonio Manuel Lázaro. *LabVIEW Programación gráfica para el control de Instrumentación* Ed. Paraninfo / Thomson editores 1era edición. Madrid España 1997

³ Antonio Garrido González, Pablo Ortega Villacabras y Domingo Biel Solé / *Sistemas de adquisición y procesado de datos*/ Ed. Paraninfo /Madrid, España 1996.

personales de altas prestaciones ha traído consigo un fuerte desarrollo de potentes paquetes de software que simplifican la creación de instrumentos virtuales.

Un instrumento virtual es un módulo programado que simula el panel frontal de un instrumento real, apoyándose en elementos de hardware, accesibles por la computadora personal (tarjetas de adquisición de datos, tarjetas DSP, instrumentos accesibles vía GPIB, VXI, RS-232), que se comporta aparentemente como si se tratara de un instrumento real. De este modo, cuando se ejecuta un programa que funciona como instrumento virtual o VI (Virtual Instrument), el usuario puede ver en la pantalla de su computadora personal un panel cuya función es idéntica a la de un instrumento físico, facilitando la visualización y el control del aparato. A partir de los datos reflejados en el panel frontal, el VI debe actuar recogiendo o generando señales, como lo haría su homólogo físico.

Hasta hace poco, la tarea de construcción de un VI se llevaba a cabo con paquetes de software que ofrecían una serie de facilidades, como funciones de alto nivel y la incorporación de elementos gráficos que simplificaban la tarea de programación y elaboración del panel frontal. Sin embargo, el cuerpo del programa seguía basado en texto, lo que suponía mucho tiempo invertido en detalles de programación que en realidad nada tienen que ver con la funcionalidad del VI. Con la llegada de software de programación gráfica LabVIEW[®] de National Instruments[®], Visual Designer[®] de Burr Brown[®]; VEE[®] de Hewlett Packard[®], el proceso de creación de un VI se ha simplificado notablemente, minimizándose el tiempo de desarrollo de las aplicaciones.

El entorno de programación utilizado es especialmente adecuado para la adquisición de datos, entre otros motivos, por su total compatibilidad con las TAD's. Su interface gráfica ofrece una gran potencia de visualización de señales y dispone de bibliotecas de procesado para el tratamiento de las señales adquiridas.

Para que todo esto sea posible el software ofrece una biblioteca de adquisición de datos que proporciona al programador una herramienta de trabajo muy poderosa de fácil uso y que permite disponer de una mayor flexibilidad en cuanto al manejo de las TAD's se refiere.

Cuando se hace un programa en este entorno de desarrollo siempre se utilizan dos ventanas (hay que recordar este programa opera bajo ambiente WINDOWS[®]). En una de las ventanas, denominada **Panel Frontal**, se implementa el tablero de control y despliegue del instrumento que se desea simular, la otra soporta el nivel de programación para que el sistema completo tenga funcionalidad y se denomina **Diagrama**. Para la creación del **Panel Frontal** se dispone de una biblioteca de controles e indicadores de muchos tipos que el programador puede utilizar (fig.III.7), con la posibilidad de crear más diseñados por el mismo.

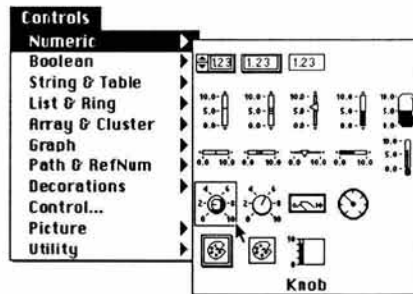


Fig.III.7. Menú de controles numéricos.

Cuando un control es colocado desde la biblioteca, como parte de un panel virtual, se crea una variable cuyos valores y propiedades vendrán a ser determinados por el programador, ya sea desde el panel virtual o mediante el uso de software.

En la ventana que soporta el nivel de programación (*Diagrama*) se interconectan las terminales de cada variable involucrada, esto se realiza con las herramientas o VI's provenientes de bibliotecas que el sistema tiene, o bien, otros VI's que el programador previamente haya creado. Para hacer estas conexiones se utilizan cables virtuales y es necesario hacer uso de una herramienta llamada *Wiring*, que no es más que un cursor con forma de carrete que se puede mover mediante el ratón de la PC y con el cual estos cables se pueden *dibujar* directamente en pantalla, como se aprecia en la figura III.8. Esto se hace con la finalidad de lograr que el panel virtual funcione como si fuera real.

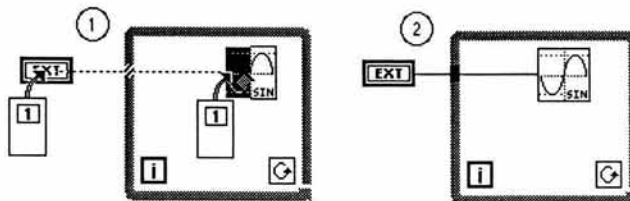


Fig.III.8. Proceso de "cableado" virtual.

Se puede comparar la ventana de programación (*Diagrama*) con una placa de circuito impreso, donde las terminales del panel se cablean a bloques funcionales (circuitos integrados) que se interconectan para generar los datos o señales que se desean visualizar. A su vez estos circuitos integrados contienen bloques circuitales conectados entre sí en su interior, al igual que

un bloque creado en esta forma de programación puede estar formado por la interconexión de otros bloques. De esta forma la programación gráfica permite diseñar un VI vertiendo las ideas de funcionalidad directamente a un diagrama de bloques, como se haría al dibujar un diagrama de flujo en un papel.

Debido al entorno gráfico que se maneja, la programación se realiza utilizando una estructura *MODULAR*, en lugar de la estructura *SECUENCIAL* tradicional, que implica una sucesión de ordenes mediante sentencias textuales. La programación modular es un método de diseño que tiende a dividir el problema total en aquellas partes que poseen una identidad propia. Este tipo de programación es mejor conocido como Diseño *Top-Down*.

La programación modular, surgió por que frecuentemente deben repetirse una cierta secuencia de sentencias en varios lugares dentro de un programa. Para ahorrar al programador el tiempo y el esfuerzo necesarios para volver a copiar estas sentencias, muchos lenguajes de programación ofrecen una posibilidad denominada subrutina o subprograma. Este mecanismo permite asignar un nombre libremente elegido a una secuencia de sentencias, para poder utilizarlo posteriormente como una abreviatura en cualquier parte en que aparezca esta secuencia de secuencias. De esa forma un *SUBPROGRAMA* es una parte autónoma del programa que realiza una misión o función bien definida, que puede ser invocada por otras partes del programa siempre que se necesite para desarrollar su función.

La utilización de subprogramas simplifica la programación, ya que no existe diferencia entre procedimientos y funciones. Así un subVI, se puede ejecutar sin necesidad de ejecutar toda la aplicación. Algo que no se puede pensar en un lenguaje de programación, por ejemplo PASCAL, donde un procedimiento necesita efectuarse dentro del programa.

El pase de parámetros es a través de las terminales de conexión del bloque donde aparecen un determinado número de terminales definidos en la creación del icono correspondiente al subVI, en la cual los parámetros de entrada serían el pase *por valor* del PASCAL y los de salida el pase *por variable*.

El software de desarrollo ofrece una gran variedad de tipos de datos. Uno de los aspectos más significativos al respecto, es la diferenciación que efectúa en el de bloques entre los diferentes tipos de controles o indicadores, basada en que cada uno de ellos tiene un color propio. De esta manera, y como consecuencia de una memorización o asimilación práctica, se le facilita al usuario la tarea de identificarlos y reconocer inmediatamente, si se está trabajando con el tipo de dato adecuado, en la fig. III.9 se aprecian distintos tipos de datos que se pueden manejar.⁴

⁴ *Manual Técnico de LabVIEW®*

Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990.

I8 Byte integer	SGL Single-precision floating-point number
U8 Unsigned byte integer	DBL Double-precision floating-point number
I16 Word integer	EXT Extended-precision floating-point number
U16 Unsigned word integer	CSG Complex single-precision floating-point number
I32 Long integer	CDB Complex double-precision floating-point number
U32 Unsigned long integer	CXT Complex extended-precision floating-point number

Fig.III.9 Símbolos para diferentes tipos de datos.

Se pueden distinguir los siguientes tipos de datos tanto como controles, como indicadores :

- **Boolean:** se representa de color verde claro, y se refiere a los tipos de datos booleanos que en realidad son números enteros de 16 bits. El bit más significativo contiene el valor booleano y puede tener valores de falso o verdadero si se encuentra en el un número cero o un uno respectivamente.
- **Extended:** se representa de color naranja, depende del procesador que tenga la CPU, por ejemplo:
 - Macintosh:96 bits (formato precisión extendida MC68881-MC68882)
 - PC:80 bits (formato precisión extendida 80297)
 - Sun: formato 128 bits.
 - HP-UX: Son almacenados como números en coma flotante de doble precisión.
- **Double:** se representa de color naranja, los números en coma flotante de doble precisión cumplen con el formato de doble precisión IEEE de 64 bits.
- **Single:** se representa de color naranja y se refiere a números en coma flotante de precisión simple que cumplen con el formato de precisión IEEE de 32 bits.
- **Long Integer:** se representa de color azul y se refiere a los números enteros con un formato de 32 bits con signo.
- **Word integer:** se representa de color azul y se refiere a los números enteros con signo que poseen un formato de 16 bits.

- **Byte Integer:** se representa de color azul y se refiere a los números enteros con signo que poseen un formato de ocho bits.
- **Unsigned long:** se representa de color azul y se refiere a un entero de 32 bits sin signo.
- **Unsigned Word:** se representa de color azul y se refiere a un entero de 16 bits sin signo.
- **Unsigned Byte:** se representa de color azul y se refiere a un entero de 8 bits sin signo.
- **Complex Extended:** se representa de color naranja y se refiere a números complejos con precisión extendida de 32 bits.
- **Complex Double:** se representa de color naranja y representa números complejos con precisión doble de 16 bits.
- **Complex Simple:** se representa de color naranja y representa números complejos con precisión simple de 8 bits.

Como estructuras de datos (ver fig.III.10) se cuenta con los siguientes:

- **Arrays:** los arreglos se representan del color de los datos que contenga. El software almacena el tamaño de cada dimensión de un arreglo como Long Integer, seguido por el dato. Los arreglos booleanos se almacenan de forma diferente, como un paquete de bits y la dimensión del mismo viene dado en bits en lugar de bytes. En ambos casos el bit cero guarda en la posición más alta de la memoria la dimensión del arreglo.
- **Strings:** se representan de color rosa y representan cadenas de caracteres.
- **Paths:** se representa de color verde oscuro y almacena componentes tipo y número de un *path* en palabras enteras, seguidas inmediatamente por las componentes del *path*.
- **Clusters:** se representan de color marrón y sirven para almacenar diferentes tipos de datos. Un cluster se comporta como si fuera un arreglo, con la diferencia que en él se guardan las direcciones indirectas de los datos y no los datos como en un arreglo común.

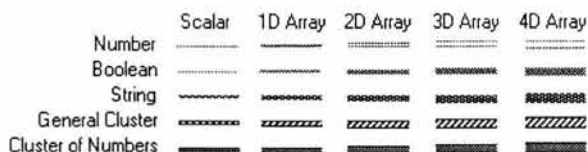


Fig.III.10. Representación de estructuras de datos.

Una de las grandes ventajas del software de desarrollo es la de poder trabajar con aplicaciones totalmente ejecutables dentro de otras, de manera que el programador puede organizar el desarrollo de una aplicación compleja en partes independientes. De este modo resulta mucho más fácil localizar el motivo de un posible fallo.

En este ambiente de programación, a las aplicaciones que se incluyen dentro de otra aplicación se denominan SubVI's. Es importante tener en cuenta que, por sí mismos, los subVI's tienen exactamente las mismas propiedades y cualidades que un VI, ya que de hecho son un VI. Únicamente reciben este nombre por que son llamados por otro VI de nivel superior, el cual se encarga de pasar datos al subVI para que los procese, y éste a su vez le devuelve al primero los resultados obtenidos o ejecuta alguna acción.

Para poder utilizar un subVI es necesario crearle un icono y un conector. El software admite que haya varios subVI's con el mismo ícono e incluso mismo conector, diferenciándolos únicamente por el nombre que el programador le haya puesto. Por lo tanto, para hacer más fácil la lectura e interpretación del diagrama de bloques conviene utilizar íconos diferentes para cada VI que se desarrolle con el fin de utilizarlo como subVI.

Hablar de subVI's es análogo a hablar de subrutinas en otros lenguajes de programación, pero con la enorme ventaja de que dichos subVI's son totalmente ejecutables. Es decir, podemos comprobar si funciona correctamente en cualquier momento del desarrollo de nuestra aplicación, sin necesidad de tener completo el diagrama de bloques principal.

Un VI no puede usarse recursivamente, esto es, no puede ser su propio subVI, o un subVI de uno de sus subVI. Se puede ver la jerarquía de los VI's cargados en memoria con la opción *Show Hierarchy* del menú *Windows*.

Las estructuras de programación que soporta el software de desarrollo son las mismas que poseen otros lenguajes de programación (fig.III.11), con la diferencia que éstas se despliegan en modo gráfico en la ventana de programación. De esta forma, las estructuras iterativas que se pueden manejar son:

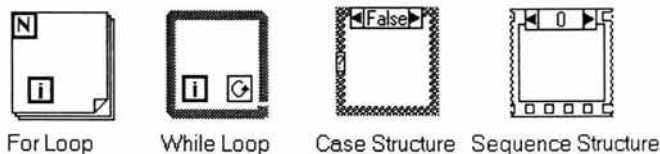


Fig.III.11. Estructuras programables.

- **FOR LOOP:** se utiliza cuando se desea que una operación se repita un número determinado de veces. Su equivalente en lenguaje convencional es:

FOR (y =0) to (N-1) Ejecuta sub-diagrama

- **WHILE LOOP:** se utiliza cuando se desea que una operación se repita mientras una determinada condición sea cierta. Su equivalente en lenguaje convencional es:

Do ejecutar sub-diagrama **WHILE** condición **is TRUE**

- **CASE:** se utiliza en aquellas situaciones en las que el número de alternativas disponibles sean dos o más. la estructura *case* permite que se realice una operación u otra diferente dependiendo del estado de una variable booleana. Si la variable es verdadera, la estructura *Case* ejecuta el sub-diagrama *TRUE*, de lo contrario ejecuta el sub-diagrama *FALSE*.
- **SEQUENCE:** esta estructura no tiene su homóloga en los diferentes lenguajes convencionales de programación, ya que en éstos las sentencias se ejecutan en el orden en que están declaradas dentro de la estructura del programa. Sin embargo como en el software de desarrollo esto no existe, las funciones se ejecutan de una forma aparentemente simultánea, de modo que muchas ocasiones el programador necesita crear un libreto en el cual decide qué funciones tienen que realizarse rigurosamente antes que otras.
- **FORMULA NODE:** es una estructura peculiar que sirve para introducir fórmulas matemáticas de forma textual (Fig.III.12), que de otra forma podrían resultar muy complicadas de implementarse utilizando las herramientas gráficas de las bibliotecas de funciones matemáticas. De esta forma el programador puede crear módulos gráficos personalizados que en su interior son de tipo texto. Además soporta funciones trigonométricas, entre otras de forma textual como en cualquier lenguaje de programación como PASCAL o C.

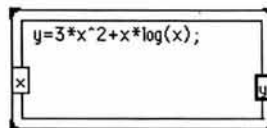


Fig.III.12. Uso de la estructura FORMULA NODE.

(Nótese que en este caso se tiene un recuadro de entrada "x" y otro en negrita "y" que funge como salida)

Las variables son imprescindibles en cualquier tipo de problemas, ya que permiten almacenar la información necesaria para su resolución.

Todos los controles introducidos en el *Panel Frontal* que generan una terminal en la ventana *Diagrama* van a ser variables, identificadas por el nombre asignado a su etiqueta. Pero puede ocurrir que se desee utilizar el valor de cierta variable en otro sub-diagrama o en otro VI o simplemente que se requiera guardar un resultado intermedio. La forma más sencilla de hacerlo es generando variables locales y/o globales dependiendo de la aplicación.

En las variables locales los datos se almacenan en algunos de los controles o indicadores existentes en el *Panel Frontal* del VI creado; es por eso que estas variables no sirven para intercambiar datos entre VI's. La principal utilidad de estas variables radica en el hecho de que una vez creada la variable local no importa que proceda de un indicador o de un control, se podrá utilizar en un *Diagrama* tanto de entrada como de salida.

Las variables globales son un tipo de VI, que únicamente dispone de *Panel Frontal*, en el cual se define el tipo de dato de la variable y el nombre de identificación, imprescindible para después poder referirse a ella.

ATTRIBUTE NODE: los *atributos nodales* (fig.III.13), se pueden considerar como variables locales que dependen únicamente de las terminales de control o de tipo indicador a partir de la cual se han creado y permiten que se pueda leer o modificar sus atributos en *Panel Frontal*. Con estas variables se puede cambiar un objeto de Control a Indicador y viceversa; también se pueden modificar atributos como el color, la posición la visibilidad y la activación de cualquier terminal. El programador puede identificarlos en cualquier momento por medio de una orden llamada *FIND ATTRIBUTE NODE* desde el *Panel Frontal* o *FIND TERMINAL* desde la ventana de *Diagrama*.

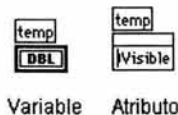


Fig.III.13. Atributos nodales.

III.5 Acondicionamiento de señales

Generalmente, las señales eléctricas generadas por los transductores no son adecuadas o no son compatibles con las características de entrada de una tarjeta de adquisición de datos. En estos casos se hace necesario el uso de dispositivos de acondicionamiento de señal que realizan un pre-tratamiento de la señal. Entre otras, las funciones más usuales de los acondicionadores son amplificación, filtrado, aislamiento eléctrico, incluso linealización y multiplexado.

En este capítulo se presentó una reseña de la terminología básica que se utiliza en la instrumentación electrónica asistida por equipos digitales; de manera particular se enfatizó en la descripción de la arquitectura y funcionamiento de la TAD utilizada para que en el siguiente capítulo pueda comprenderse el diseño del sistema completo de adquisición de datos para el dinamómetro de motocicletas.

CAPÍTULO IV

CRITERIOS DE DISEÑO

En el presente capítulo se describen los criterios de diseño del sistema para evaluar motocicletas, de acuerdo a los requerimientos y necesidades que demandaba el convenio con el Gobierno del Distrito Federal.

IV.1. Diseño modular

El sistema se diseñó de manera modular para facilitar la tarea de manufactura, de acuerdo a las exigencias y requerimientos que el Gobierno del Distrito Federal había acordado con las autoridades del Laboratorio de Control de Emisiones de la Facultad de Ingeniería.

Como puede verse en la figura IV.1 de la página siguiente, el desarrollo de este proyecto fue diseñado alrededor de una computadora personal.

Los módulos que conforman el sistema completo son siete: el de adquisición de datos, el de acondicionamiento de señales, el de medición de par, el de control de motor de arranque, el de control de intensidad de freno, el tacómetro y el de análisis de gases.

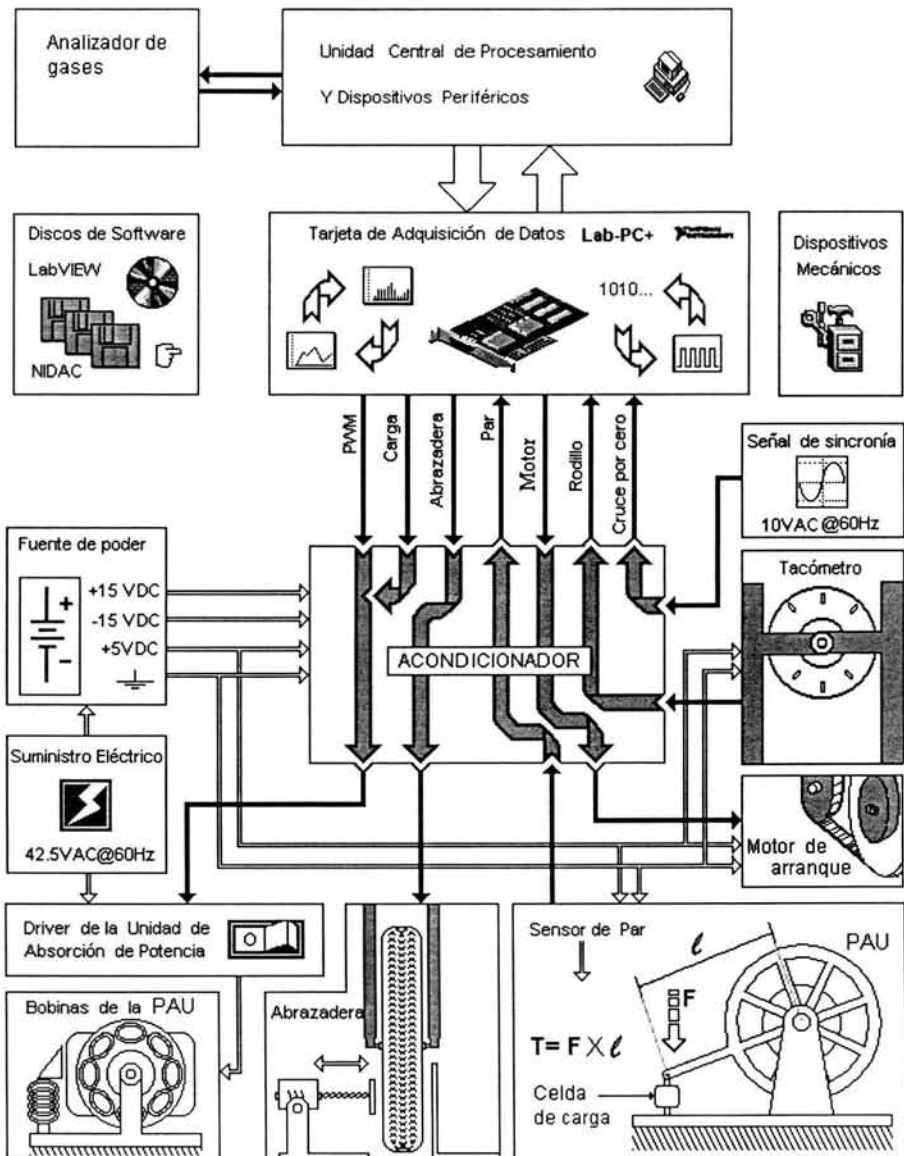


Fig.IV.1. Módulos que conforman el sistema completo.

- **Módulo de adquisición de señales** El sistema utiliza una tarjeta de adquisición de datos, que cuenta con las siguientes características:
 - Un convertidor analógico/digital de aproximaciones sucesivas de 12 bits, con 8 terminales de entrada, que pueden configurarse como cuatro entradas analógicas diferenciales si se desea.
 - Dos convertidores digital/analógico de 12 bits.
 - 24 terminales digitales TTL que pueden configurarse como entradas o salidas, distribuidos en tres puertos de 8 bits.
 - Tres contadores/temporizadores de 16 bits.

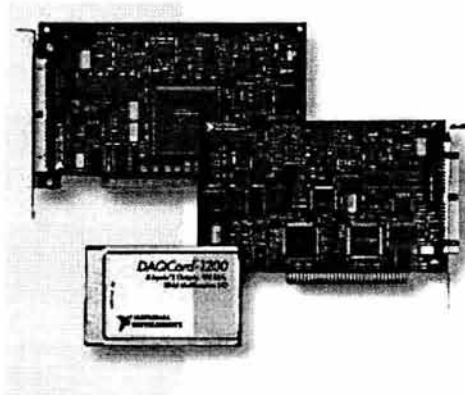


Fig.IV.2. Tarjetas de adquisición de datos.

Es a través de ésta etapa que la computadora personal puede adquirir las señales de los diferentes sensores que tiene el sistema, así como controlar algunas variables como es el caso del sistema de mordazas y la intensidad de freno de la unidad de absorción de potencia.

- **Módulo para acondicionar señales.** Es el uno de los módulos más importantes a donde llegan todas las señales de control y de medición involucradas. Ahí se les acondiciona para que posean características compatibles con el módulo de adquisición de señales (fig.IV.3). Si no estuviera este módulo difícilmente la tarjeta podría ser capaz de registrar todas las señales de interés como es debido. En este módulo también se encuentran las etapas de salida de potencia del módulo encargado de controlar la intensidad de freno.

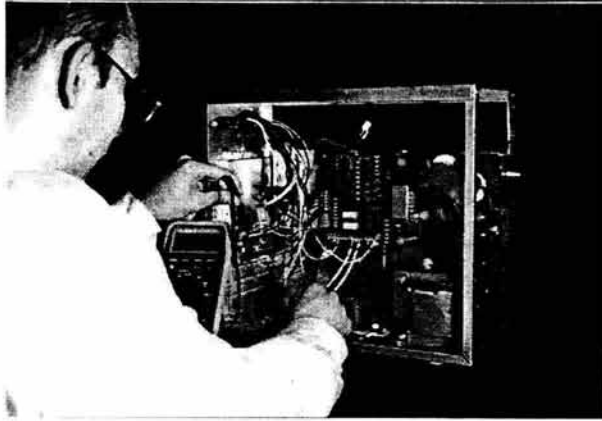


Fig.IV.3. Aspecto del gabinete de los circuitos de acondicionamiento de señales.

- **Módulo para medir par.** Se encarga de adquirir la señal proveniente de la celda de carga, para ello, esta etapa utiliza un puerto analógico de entrada de la tarjeta de adquisición de datos (*fig.IV.4*). Esto con el fin de adquirir la señal antes mencionada; dicha señal previamente es acondicionada para luego ser procesada por la tarjeta. De esta forma se puede medir el par de desarrollado por la motocicleta, para posteriormente determinar la potencia desarrollada por la misma, mediante cálculos que se realizan por software.



Fig. IV.4. Aspecto de la calibración del módulo para medir el par .

- **Módulo de control de la abrazadera.** Se encarga de sujetar firmemente la rueda delantera de la motocicleta durante una prueba (fig.IV.5). Esta etapa utiliza un puerto TTL de la TAD para controlar tanto la activación como la desactivación del servomecanismo que la conforma.



Fig.IV.5. Detalle de la abrazadera de la rueda delantera de la motocicleta.

- **Módulo de control del motor de arranque.** Es una etapa que se utiliza para arrancar la motocicleta sin que ésta haga el esfuerzo para vencer la inercia del rodillo del banco de motos. Además de la electrónica de potencia asociada, esta etapa utiliza un puerto TTL de la TAD para controlar al motor de arranque con la ayuda de un relevador de estado sólido (fig.IV.6). El motor de arranque se encarga de vencer la inercia del rodillo al inicio de cada prueba para evitar que la motocicleta cargue con esa tarea.

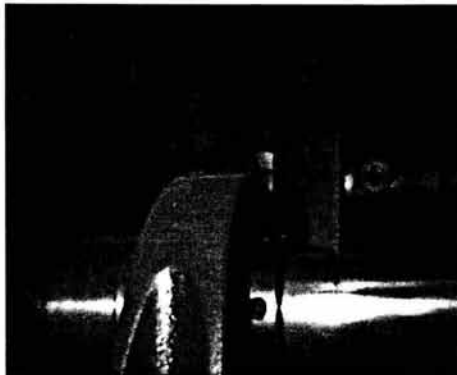


Fig.IV.6. Detalle del motor de arranque (detrás de la flecha).

- Módulo de control de intensidad de freno.** Se utiliza para controlar la intensidad de freno de PAU, para ello esta etapa modula la intensidad de corriente eléctrica que excita las bobinas del freno (fig.IV.7). Esto se logra utilizando un banco de SCR's cuyo ángulo de disparo es controlado por una señal generada desde la PC, y enviada a través de la TAD. Como la PAU opera con corriente directa, el puente de SCR's tiene la función de rectificar completamente el suministro de 20 VAC. Para controlar el ángulo de disparo de los SCR's, la PC genera una señal eléctrica con una técnica de modulación de ancho de pulso (*PWM :Pulse Width Modulation*). Esta consiste en generar una señal cuadrada de frecuencia constante pero con un ciclo de trabajo variable. La señal generada se utiliza para disparar los SCR's en el tiempo deseado, por lo que requiere estar sincronizada con la señal del suministro eléctrico. Por este motivo se utiliza un circuito denominado "circuito de cruce por cero" que permite a la PC conocer el comportamiento del suministro eléctrico. La señal de disparo de los tiristores debe estar sincronizada con el suministro, para garantizar que la corriente eléctrica en la PAU sea constante.

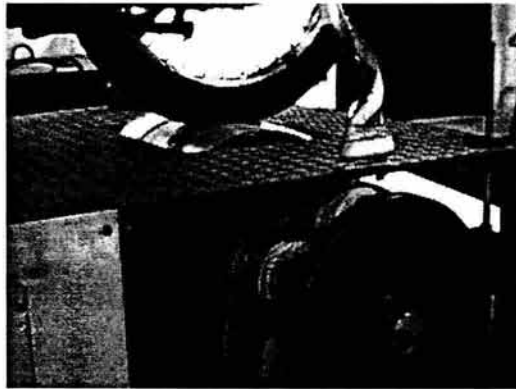


Fig.IV.7. Aspecto de la unidad de absorción de potencia.

- Módulo tacómetro.** Es un módulo encargado de medir la velocidad que desarrolla la motocicleta durante el transcurso de una prueba. Este módulo hace uso de un contador de la TAD para medir la frecuencia con la que gira el rodillo del dinamómetro. Para lograr esto se utiliza un sensor de efecto Hall colocado a un costado del rodillo que posee el banco. En la periferia del costado del rodillo se adhieren -de forma equidistante- una serie de imanes (fig.IV.8). Cuando el rodillo gira el sensor de efecto Hall detecta el campo magnético de los imanes, generando una señal eléctrica pulsante cuya frecuencia está en función de la velocidad de giro del rodillo. De esta forma se pueden hacer mediciones de velocidad, r.p.m., y distancia equivalente recorrida.



Fig.IV.8 Detalle del tacómetro (Imanes y sensor de Hall).

- **Módulo de análisis de gases.** Además de lo descrito anteriormente, y como parte del sistema, se cuenta con un analizador de cinco gases que se comunica con la computadora personal a través de una interfaz serial (fig.IV.9). Este dispositivo fue ensamblado en el Laboratorio de Control de Emisiones de acuerdo a una configuración propia con el fin de contar con un instrumento acorde a las necesidades del proyecto.



Fig.IV.9. Analizador de gases integrado por miembros del LCE.

Como se mencionó anteriormente, para la adquisición de datos se utilizó una computadora personal Pentium con 16MB de RAM a 166 MHz y 1M de memoria para video. El equipo cuenta con un *mouse*, *puerto* serial, un teclado para Windows95 y un monitor SVGA a color de 15". Es

importante mencionar que la *motherboard* de la P.C. debe tener mas de tres *slots* de expansión para alojar a las diferentes tarjetas extra que se puedan requerir. (Video, Sonido, TAD, Analizador de gases, etc.)

IV.2. Aplicaciones de acuerdo a las necesidades del laboratorio

El sistema fue diseñado de acuerdo a las necesidades del Laboratorio de Control de Emisiones para la evaluación de motocicletas, con fines de:

- a) Mantenimiento (Para analizar la potencia del motor de una motocicleta).
- b) Investigación y desarrollo de nuevas motocicletas (Prueba de motores prototipo).
- c) Normalización (Obtención de curvas de potencia de una motocicleta en buen estado en diversas circunstancias de carga y velocidad).
- d) Homologación con normas internacionales (Ajuste del motor).

En realidad, estas aplicaciones se hacen con la mayoría de los dinamómetros disponibles en el mercado; sin embargo, el sistema automatizado está planeado para que durante las pruebas que se realicen en vehículos automotores, pueda guardarse la información recabada de las mismas para poder hacer una base de datos que facilite su posterior análisis.

IV.3. Consecuencias y beneficios

Dado que el sistema fue diseñado expresamente para cubrir las necesidades que el proyecto demandaba pueden mencionarse algunos beneficios inherentes al sistema:

- Se espera que el sistema permita que este tipo de laboratorios se automaticen y faciliten al usuario la tarea de evaluar motocicletas para poder analizarlas y estudiarlas, mediante el uso de la información que se genere durante cada prueba.
- El sistema, por su diseño modular, permite futuros acondicionamientos para poder hacer un equipo más poderoso, sin necesidad de diseñarlo nuevamente (en su totalidad).
- Es un prototipo que da pie a futuras mejoras en el diseño de este tipo de dispositivos en México.
- El diseño de dispositivos de esta naturaleza, permite que nuestro país no dependa por completo de dispositivos manufacturados y diseñados en el extranjero. Hay que recordar que toda la tecnología, incluyendo el diseño de dispositivos de esta naturaleza, es de importación. Con esto se persigue disminuir los costos que esto implica.

En este capítulo se pudo tomar conciencia de las principales necesidades y requerimientos para el proyecto. En el próximo capítulo se hace una descripción del hardware del sistema desde el punto de vista técnico. En él se pueden conocer los detalles de la estructura mecánica del sistema y de cómo se implementaron los diferentes circuitos que componen los diferentes módulos descritos aquí.

CAPÍTULO V

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

En el presente capítulo se describe de forma particular el banco dinámico para motocicletas que posee el L.C.E., con el fin de presentarle al lector un panorama completo del problema a instrumentar.

V.1. Descripción general del banco dinámico para motocicletas

El banco que se diseñó en el LCE está compuesto por una estructura metálica robusta que puede dividirse en tres partes. Una de ellas aloja un rodillo metálico cuya longitud y diámetro son de 36 y 40 cm respectivamente. Este se encuentra sujeto de sus extremos por medio de y mantener a la motocicleta en posición horizontal.

En uno de los extremos del rodillo se encuentra acoplada una PAU que opera magnéticamente, con excitación de corriente continua; en el otro extremo del rodillo se encuentra acoplado un motor de arranque que también opera con corriente continua. La unidad de absorción de potencia del dinamómetro tiene acoplada una celda de carga con la que se pueden medir fuerzas de hasta 100 libras; ésta se utiliza para medir la fuerza desarrollada por la unidad de absorción de potencia cuando la motocicleta se encuentra en marcha.

El banco cuenta con un brazo móvil que tiene una base para colocar un *mouse* o ratón para computadora, desde donde el operador - montado en la motocicleta que se prueba- puede controlar su funcionamiento (*fig.V.1*).

El sistema también cuenta con una abrazadera que se utiliza para sujetar la rueda delantera de la motocicleta durante el desarrollo de una prueba. Esta abrazadera puede accionarse por medio de la computadora personal para liberarla o aprisionarla.

El hardware electrónico se diseñó alrededor de una tarjeta de adquisición de datos (TAD) que se inserta en una computadora personal (PC), así como de varios circuitos de acondicionamiento de señales con los que cuenta el dinamómetro.



Fig.V.1. Sistema completo en operación.

V.2. Descripción de los dispositivos mecánicos del banco de motocicletas

Los elementos mecánicos que conforman el banco dinamométrico básicamente son tres: la estructura mecánica del mismo, la Unidad de Absorción de Potencia y el rodillo.

V.2.1. Estructura del banco

La estructura del banco está diseñada para soportar el peso de la motocicleta, el del resto de los elementos y el del conductor. Fue calculada para soportar como carga máxima de 600 kg que contempla la carga correspondiente al peso de la motocicleta mas pesada de que se tiene registro (400 kg aproximadamente), el peso los elementos que la conforman (del orden de 100 kg), y el peso del conductor, que se considera en promedio de 85 kg.

La estructura está construida con perfil estructural de 38.1 mm por lado y 4.7 mm espesor de pared. Tiene una altura de 500 mm y se divide en dos partes, la delantera que corresponde a la zona de las mordazas, y la trasera, que corresponde al rodillo. Ésta parte está reforzada con perfil estructural de 50.8 mm por lado y una pared de 4.7 mm de espesor. La forma que se obtuvo estuvo orientada a reducir peso, material y disminuir costos, además de optimizar su movimiento en caso de maniobra. (ver fig.V.2)

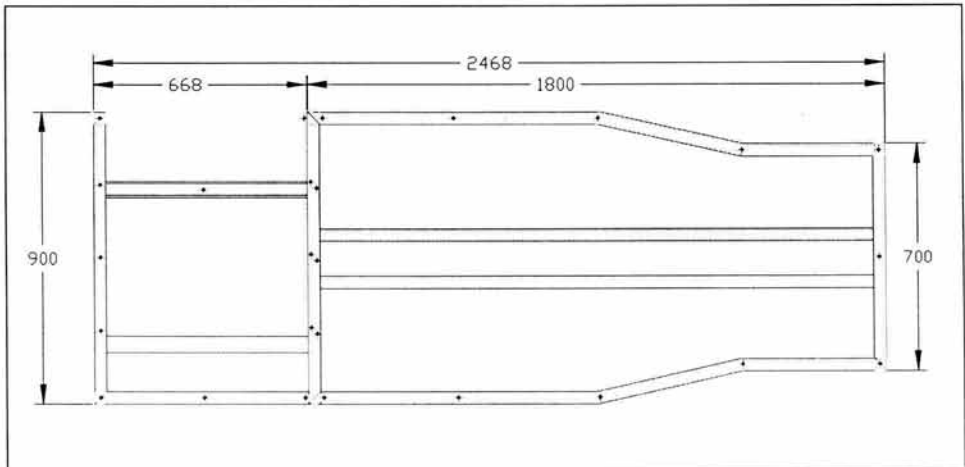


Fig. V.2. Estructura mecánica del banco.

V.2.2. Mordazas de sujeción de la rueda delantera

Este sistema sirve para sujetar a la motocicleta mediante la rueda delantera; debe resistir la fuerza de empuje de la misma y está constituido por un carro que se desplaza a través de las ranuras de la plataforma. El sistema cuenta con un husillo acoplado a un motor universal, que permite desplazar el carro a la posición adecuada para cada motocicleta, éste va colocado en la parte inferior de la plataforma, dichas mordazas cuentan con un recubrimiento de uretano para evitar daños a la rueda, además de proporcionar una mayor adherencia (ver fig. V.3).

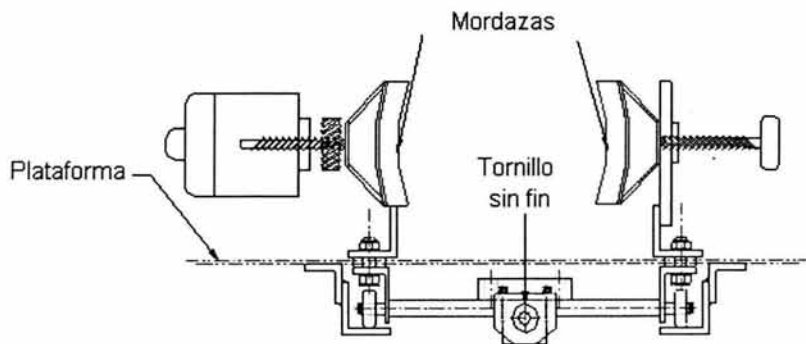


Fig.V.3. Mordazas de sujeción.

V.2.3. Motor de arranque

El motor de arranque es un motor eléctrico de excitación en serie de corriente continua alimentado por una batería de 12 volts, se caracteriza por tener un gran par de giro y un elevado número de revoluciones en vacío, éste se usa para arrancar a la motocicleta desde la computadora personal. Al conectar el motor de arranque el piñón se desplaza hacia delante hasta engranar en la corona dentada, que se localiza en uno de los costados del rodillo, en este instante el piñón transmite el par de giro del inducido a la corona provocando con ello que el rodillo gire y con ello el encendido de la motocicleta. Cuando las rpms de la rueda motriz superan a las del motor de arranque el proceso de desengrane retrae el piñón ayudado por el muelle recuperador, el cual además, lo mantiene separado de la corona cuando el motor de arranque está inmóvil.

En la figura V.4. se observa el tipo de motor de arranque instalado en el banco de ensayos para motocicletas con sus componentes:

1. Palanca de engrane.
2. Imán de engrane y relé.
3. Piñón.
4. Tren de engranajes (engranajes planetarios).
5. Inducido.
6. Imán permanente.

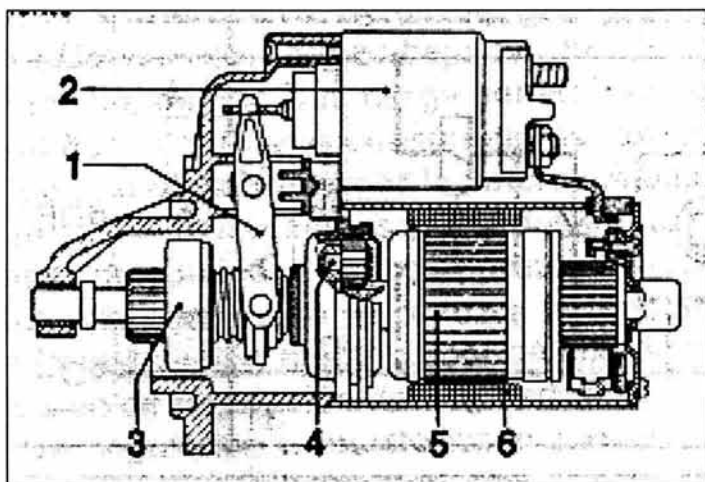


Fig. V.4. Diagrama del motor de arranque.

V.2.4. Estructura mecánica de la Unidad de Absorción de Potencia

La Unidad de Absorción de Potencia (PAU), proporciona la carga de camino y está constituido por dos arreglos de 6 bobinas c/u. El principio de funcionamiento es el de inducción de corrientes parásitas o de *Eddy*, que generan un par de oposición sobre los discos de frenado. La inducción se produce por un campo magnético generado por el arreglo de bobinas que se ha mencionado anteriormente.

Los rodamientos interiores de la PAU permiten que el eje gire y la PAU permanezca estática ya que hay un brazo que está conectado a una celda de carga (ver figuras V.5 y V.6). Los discos de frenado están unidos al eje. El material de fabricación de los núcleos de las bobinas es acero al silicio SAE 1113, ya que este material tiene una alta permeabilidad magnética.

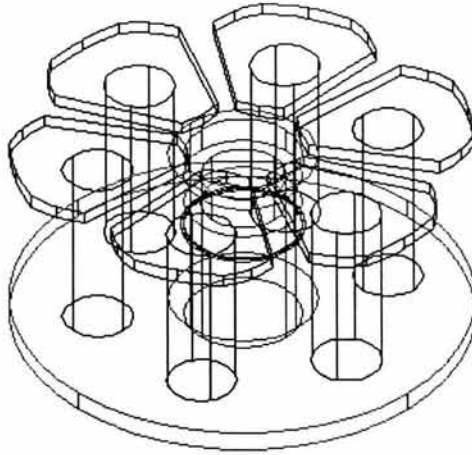


Fig. V.5. Estructura mecánica del estator de la PAU.

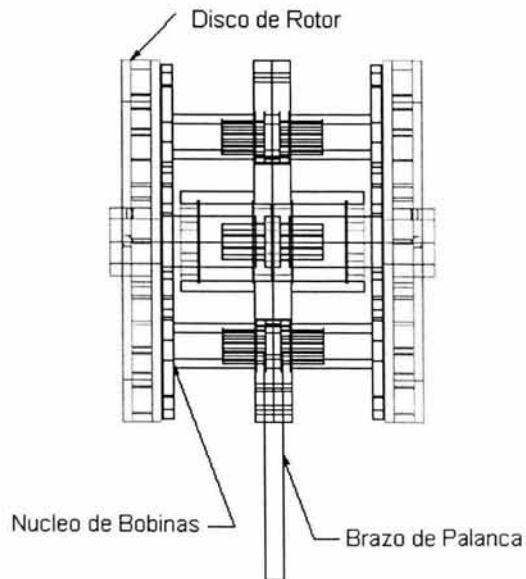


Fig. V.6. Estructura mecánica de la Unidad de Absorción de Potencia.

V.2.5. El rodillo

El rodillo es una parte fundamental de la plataforma de manejo. Está constituido por un cilindro cédula 80 y dos tapas internas colocadas en ambos extremos, en una de ellas está montada una corona dentada que se utiliza para acoplarla al motor de arranque (fig. V.7).

Para determinar las dimensiones del rodillo se tomó como referencia la norma USA CFR 40 (Code Federal Regulation 40)¹, la cual establece que el diámetro externo del rodillo debe ser mayor o igual a 400 mm. Al rodillo le fue aplicado un "moleteado" en la parte central exterior con el fin de aumentar el coeficiente de fricción.

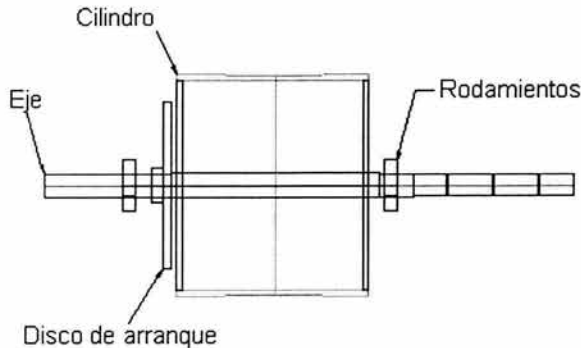


Fig. V.7. Diagrama del rodillo.

El rodillo cuenta con un eje que le sirve de soporte. Además esta estructura soporta el peso de la PAU, por lo que se construyó de modo que contara con la resistencia suficiente para soportar esfuerzos axiales, longitudinales y de torsión. La longitud total del eje es de 1005 mm, y tiene diferentes diámetros como se muestra en la figura V.8. Para su fabricación se empleó una barra de acero circular de 1 7/8 de pulgada de diámetro. Después de su maquinado se sometió al proceso térmico de temple. Otros componentes por demás importantes de este sistema son los rodamientos, los cuales permiten el giro del eje.

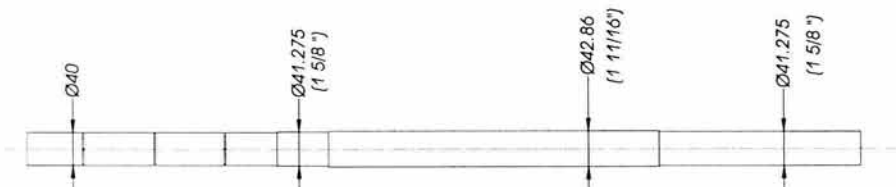


Fig. V.8. Flecha o eje del rodillo.

¹ Normatividad de los sistemas o equipos de medición de gases de los Estados Unidos de Norteamérica.

V.3. Descripción de los dispositivos electrónicos del banco de motocicletas

Los elementos electrónicos que conforman el banco dinámico de forma modular son seis: el de adquisición de la señal de par, el de adquisición de señales de velocidad, el de control de intensidad de freno, el control de mordazas, el control del motor de arranque y el analizador de gases.

V.3.1. Sistema de adquisición de la señal de par

Para conocer el par desarrollado por la motocicleta en prueba, es necesario medir la deformación que sufre la celda de carga del dinamómetro. Cualquier deformación en la celda de carga se refleja en una tensión de menos de un milivoltio. Este dispositivo está polarizado con 10 voltios y su señal es lo suficientemente débil para que no se pueda acoplar directamente con la tarjeta de adquisición. Por este motivo se utilizó un amplificador de instrumentación (fig. V.9).

El amplificador de instrumentación generalmente se usa como etapa pre-amplificadora de señales de corriente directa y baja frecuencia provenientes de un transductor. Estas señales comúnmente cuentan con algunos milivoltios de amplitud por lo que pueden ser alteradas fácilmente por la presencia de señales de ruido e interferencia.

El Amplificador de Instrumentación se encarga de rechazar el ruido en modo común que pueda alterar a ambas terminales de una señal y consiste básicamente en un amplificador diferencial que posee una impedancia de entrada muy grande; está compuesto de dos etapas como se aprecia en la siguiente figura.

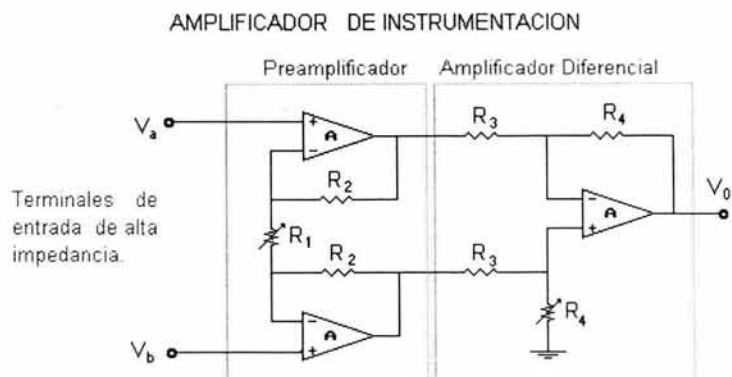


Fig. V.9. Amplificador de Instrumentación básico.

La señales provenientes de los *strain gauges* (elementos de los que se compone la celda de carga) por lo general son débiles y no tienen gran capacidad de corriente, debido a esta razón no pueden ser amplificadas utilizando un amplificador diferencial común, como el que forma parte del amplificador de instrumentación, por que éstos cuentan con una baja impedancia de entrada debido a R_3 y R_4 , provocando la atenuación de la señal de modo tal, que ésta ya no puede ser procesada. Para evitar esto un amplificador de instrumentación tiene a su vez una etapa primaria llamada *preamplificadora*, que posee una impedancia de entrada grande, dada por el propio amplificador operacional, cuya función es preamplificar las señales débiles en las terminales de entrada.

La segunda etapa propiamente es el amplificador diferencial, que se encarga de amplificar la diferencia de potencial de las señales de entrada previamente amplificadas y atenuar cualquier señal común que éstas posean. Así pues, el arreglo en conjunto tiene la doble función de mantener la señal de salida con las características necesarias para su interconexión con las siguientes etapas de amplificación y rechazar señales parásitas de ruido (a modo común). De acuerdo con la figura anterior, la señal de salida V_0 puede expresarse de la siguiente manera:

$$V_0 = - \left[\left(\frac{R_4}{R_3} \right) \left(1 + \left(\frac{2R_2}{R_1} \right) \right) \left(V_a - V_b \right) \right] \dots\dots (ec.V.1)$$

Se recomienda que ésta etapa tenga una impedancia de entrada de por lo menos $10^{11}\Omega$.

V.3.2. Sistema de adquisición de señal de velocidad

Como ya se mencionó anteriormente, la velocidad de la motocicleta se obtiene conociendo la velocidad de giro del rodillo del dinamómetro. Para hacer estas mediciones el rodillo tiene acoplado a la periferia de uno de sus extremos una serie de imanes equidistantes.

El principio de operación de un tacómetro de este tipo es el siguiente: cuando el disco gira los imanes pasan muy cerca de un sensor de efecto Hall que se encuentra colocado estáticamente muy cerca de el disco. El sensor entrega una señal eléctrica TTL de acuerdo a la siguiente lógica, la señal es baja cuando no detecta el campo magnético y alta cuando si lo detecta. La señal que se obtiene es un tren de pulsos de niveles lógicos TTL cuya frecuencia está en función de la velocidad de giro del rodillo del dinamómetro.

El dispositivo utilizado para determinar la velocidad del rodillo es el sensor de efecto *Hall* marca *Panasonic* (DN6848-ND), El sensor *Hall Panasonic* es la combinación de un elemento *Hall*, amplificador, circuito *Schmidt*, fuente de alimentación estabilizada (compensador integrado contra temperatura), todo esto colocado en un mismo encapsulado, con tecnología de circuito integrado

(CI). El amplificador convierte la señal de salida del elemento *Hall* en una señal digital, a través del circuito *Schmidt* y controles *TTL* o *MOS IC*.

Las características del sensor de efecto *Hall*.

- o Estable a los cambios de temperatura, esto debido al circuito compensador de temperatura integrado.
- o Salida con niveles TTL o MOS IC.
- o Vida de uso permanente, si no se tiene contacto con los componentes.
- o Tipo de salida, colector abierto (OC), resistencia recomendada 27 k Ω .
- o Temperatura de operación, -40 °C a 100 °C.
- o Máxima corriente de alimentación, 6 mA.
- o Máxima corriente de salida, 20mA.
- o Intervalo de voltaje de alimentación, 4.5 V a 16 V
- o Densidad de flujo de operación, de bajo a alto (L-H) 5 Gauss, de alto a bajo (H-L) 220 Gauss.
- o Tipo de operación, unidireccional (se refiere a que el sensor es sensible solo a un norte, o a un sur magnético).

En la siguiente figura se presenta el diagrama de conexión del sensor recomendado por el fabricante.

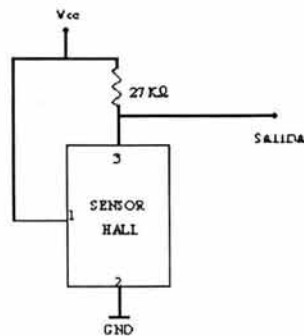


Fig.V.10. Polarización del sensor de efecto *Hall*.

El sensor Hall se alimenta con 5 V, a la salida tenemos niveles TTL de voltaje, en presencia de campo magnético encontramos 5 V y en ausencia de campo magnético 0V.

V.3.3. Sistema de control de intensidad de freno

Para poder hacer mediciones del par desarrollado por la motocicleta, ésta tiene que ser forzada por medio de una PAU (freno).

La PAU con la que cuenta el dinamómetro de motocicletas opera por medio de corrientes parásitas (eddy currents). Su capacidad de freno depende de la intensidad de flujo de corriente que circulen por las bobinas de su estator. Debido a que una PAU de este tipo opera con corriente directa es necesario utilizar un convertidor de CA-CD (fig.V.11). De este modo, el sistema rectifica 20 VAC@60Hz haciendo uso de un convertidor (rectificador) *de onda completa*. Este dispositivo es un arreglo de diodos y SCR's (Signal Controller Rectifiers) que además de rectificar el suministro de corriente alterna permite que se controle el flujo de corriente eléctrica variando el ángulo de disparo de los tiristores.

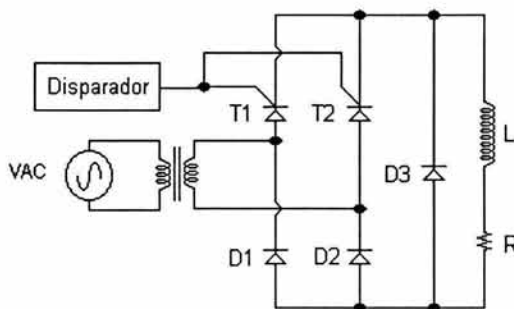


Fig.V.11. Puente rectificador.

El convertidor está compuesto por dos SCR's (T1 Y T2) y tres diodos en configuración *de puente* y su principio de operación es el siguiente: los SCR's sólo pueden conducir cuando se polarizan directamente con respecto al ánodo siempre y cuando se presente una corriente a través de la compuerta (gate) del mismo. Esto significa que en el arreglo cada SCR conducirá durante un semiciclo de forma alternativa. Esta forma de operación permite que la corriente eléctrica de 20 VAC sea rectificada.

Durante el primer semiciclo aun que se exciten las compuertas de ambos SCR's sólo puede conducir el SCR T1 y el diodo D2, por que el SCR T2 y el diodo D1 se encuentran polarizados de forma inversa y no pueden conducir.

De forma análoga, durante el segundo semiciclo, a pesar de que se exciten las compuertas de ambos SCR's, sólo puede conducir el SCR T2 y el diodo D1, debido a que el SCR T1 y el diodo D2 se encuentran polarizados de forma inversa y no pueden conducir (fig. V.12).

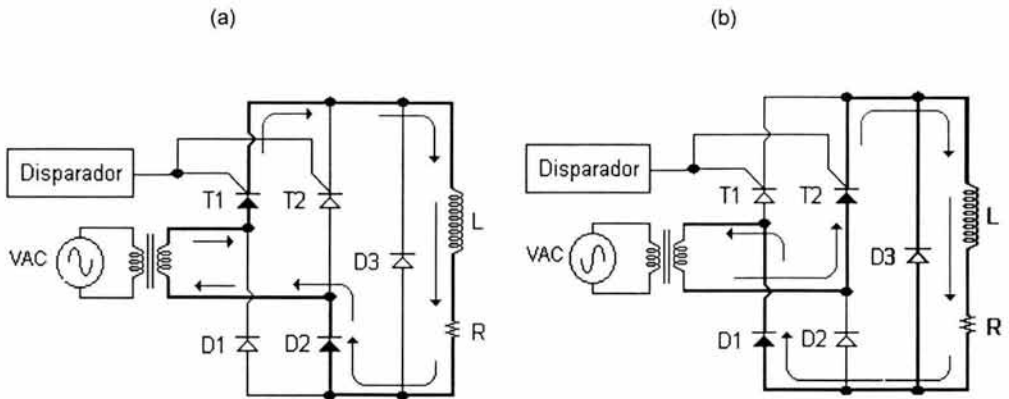


Fig.V.12. Operación del puente rectificador.

Debido al modo alternativo con el que funciona el puente rectificador, la trayectoria de la corriente eléctrica que fluye por las bobinas de la PAU posee siempre la misma dirección independientemente de que el suministro eléctrico sea de corriente alterna. De este modo la tensión eléctrica en la PAU será siempre unipolar.

El diodo D3 mejor conocido como diodo de giro libre tiene la función de evitar que los SCR's conduzcan más allá de los 180° . Esto es importante debido a que la PAU representa una carga inductiva y provoca un desfazamiento entre el voltaje y la corriente del suministro eléctrico; esto puede provocar que exista una corriente remanente después de los 180° que circularía durante el siguiente semiciclo.

El diodo de giro libre permite que las corrientes remanentes almacenadas en las bobinas de la PAU se descarguen hacia una resistencia evitando que se retroalimenten hacia la fuente. El uso del diodo de giro libre además ayuda a mejorar el factor de potencia del sistema².

El voltaje promedio se puede controlar variando el ángulo de disparo ' α '. La expresión para el voltaje promedio se puede encontrar calculando el área sombreada de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$V_{cd} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha=0}^{\alpha+180} V_{caMAX} 2 \sin \theta d\theta \dots\dots (ec V.2)$$

$$= \frac{1}{2\pi} V_{caMAX} 2 \left[-\cos \theta \right]_{\alpha=0}^{\alpha+180} \dots\dots (ec V.3)$$

$$= V_{caMAX} \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right) \text{ para } \alpha \text{ con valores de } 0^\circ \text{ a } 180^\circ \dots\dots (ec V.4)$$

La ecuación V.4. permite determinar en todo momento la magnitud de la tensión de salida con respecto a la señal máxima de entrada. En este caso α puede tomar valores permitidos entre 0° y 180° respectivamente y con ello modular la magnitud de dicha señal máxima, rectificándola a voluntad mediante un controlador de ángulo de disparo.

Para controlar del ángulo de disparo de los SCRs se utilizó una técnica denominada P.W.M. (Pulse With Modulation). Esta técnica consiste en generar una señal cuadrada de frecuencia constante pero con un ciclo de trabajo variable. La señal generada se utiliza para disparar los SCRs en el tiempo deseado, de acuerdo con el ciclo de trabajo de la señal. La señal de excitación de los SCRs debe estar sincronizada con la línea para garantizar que la corriente eléctrica modulada sea constante.

La señal de PWM que se utiliza se genera vía software a través del contador "B0" del circuito integrado 82C53 de la tarjeta de adquisición de datos y necesita ser adecuada por un circuito externo para que pueda ser útil para disparar las compuertas de los SCR's mencionados anteriormente. Dicha señal sale a través de una terminal de la TAD (OUTB0).

En la figura V.13 se pueden apreciar las formas de onda involucradas durante el proceso que se encarga de controlar la de intensidad de freno en la unidad de absorción de potencia. En ella es posible ver una simulación del comportamiento de las señales cuando se aplica una señal moduladora como la que aparece en el inciso "g", de modo que se puede apreciar el efecto de la forma de onda que es suministrada a las bobinas de la PAU, como se aprecia en el inciso "k". Finalmente se aprecia en el apartado "i", la variación de voltaje que de manera efectiva esta excitando a la PAU como consecuencia del uso de la señal de PWM.

² R.K.SUGANDHI, K.K.SUGANDHI/ Tiristores conceptos y aplicaciones/ Ed.LIMUSA / México 1994

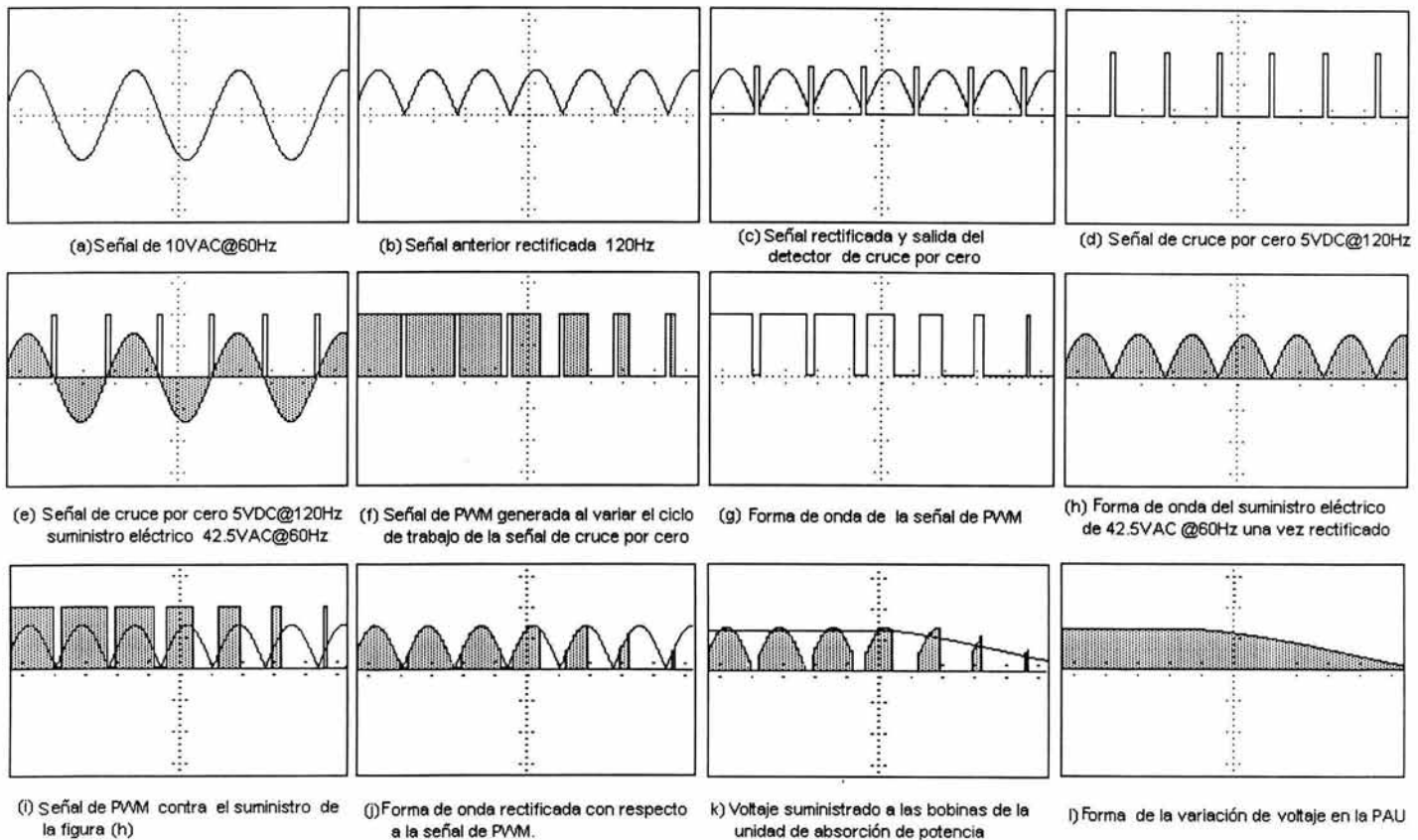


Fig. V.13. Formas de onda del controlador de intensidad de freno

Para obtener la señal de cruce por cero con la que el sistema se sincroniza para poder generar la señal de PWM, se utiliza una señal proveniente de un transformador. Dicha señal se rectifica por medio de un puente de diodos. Esta señal rectificada tiene como carga un divisor de voltaje resistivo de 50%.

Cuando la señal proveniente de dicho divisor pasa por un transistor en configuración de negador lógico, éste funciona como si se tratara de un comparador lógico que detectará los niveles cercanos al cruce por cero, generando una señal cuadrada en el colector, sincronizada con la señal de 10 VAC, pero con una frecuencia de 120Hz (fig V.14).

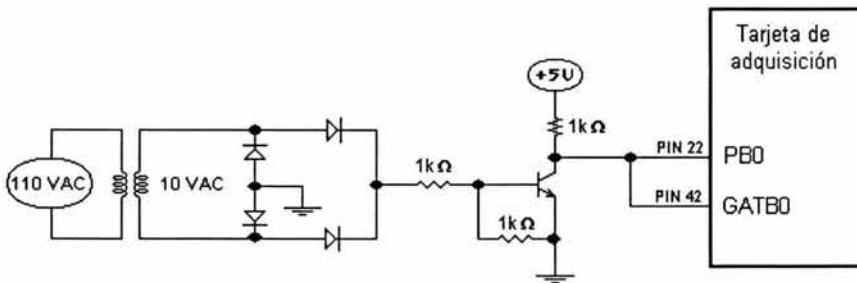


Fig.V.14. Circuito detector de cruce por cero.

La señal que se obtiene del circuito detector de cruce por cero, entra en la terminal # 22 de la tarjeta de adquisición de datos correspondiente al primer bit del puerto 2 (PBO). También se conecta con la compuerta (GATBO) del contador que se encargará de generar la señal de PWM, para asegurar que el sistema sólo contará una vez que se haya detectado el cruce por cero.

V.3.4. Sistema de activación y desactivación del carro y las mordazas

Para activar y desactivar el carro y las mordazas se utilizó un arreglo "H" para permitir que tanto el motor del carro como el de las mordazas pudieran girar libremente en ambos sentidos. Para que un motor gire para un lado o para el otro se utilizan señales lógicas que le permiten al sistema activar o desactivar relevadores para poder cerrar el circuito a voluntad de acuerdo a la dirección en que se desea que gire (fig V.15).

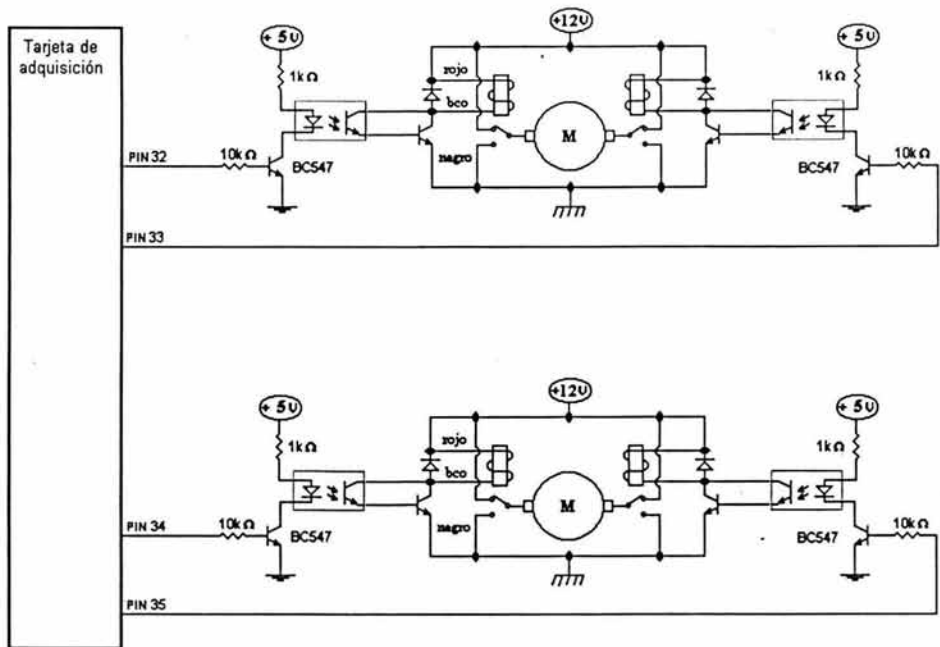


Fig.V.15. Arreglo "H" para los motores de C.D. del sistema de mordazas.

V.3.5. Módulo de control del motor de arranque

Utilizando un puerto TTL de la TAD se controla un motor de arranque con la ayuda de un relevador de estado sólido. Para alimentar el motor de arranque se utiliza una batería automotriz de 12 voltios, por lo que el módulo incluye un cargador de batería (fig.V.16).

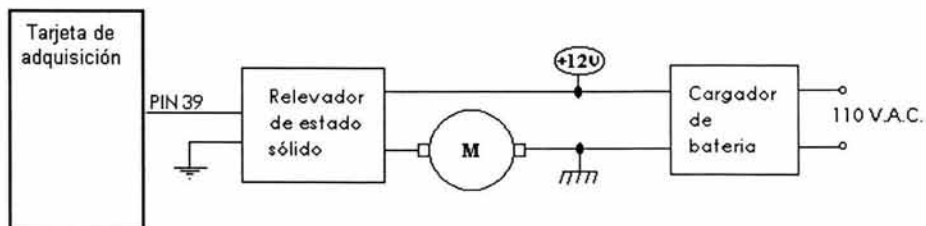


Fig.V.16. Módulo de control del motor de arranque.

El cargador de batería es indispensable por que de otra manera el sistema dejaría de operar al descargarse la misma. El hecho de utilizar una batería automotriz, obedece a que el motor de arranque demanda hasta 24 amperes al momento del arranque.

El circuito que se diseñó para el cargador de batería es útil para cargar una batería de 12 Voltios con la alimentación de corriente alterna de 110V (fig. V.17).

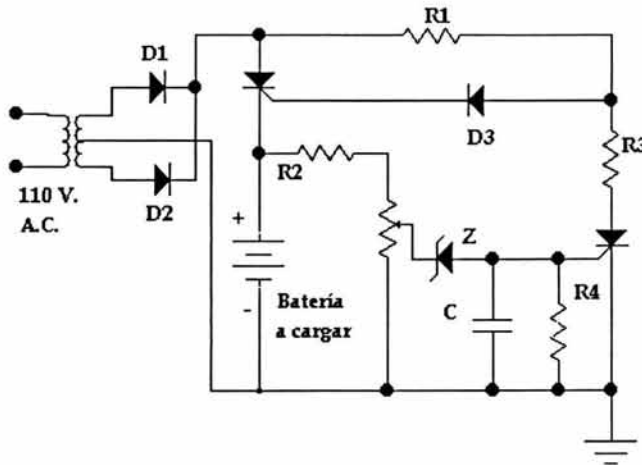


Fig.V.17. Circuito de cargador de batería.

El sistema consiste de un sistema rectificador de onda completa (D1 y D2) que se utiliza directamente para alimentar a la batería que se desea cargar a través del SCR1.

Cuando la batería está baja de carga, el SCR2 está en estado de corte (no conduce y se comporta como un circuito abierto). Esto significa que a la compuerta del SCR1 le llega la corriente (corriente controlada por R1) necesaria para dispararlo. Cuando la carga se está iniciando (la batería está baja de carga) el voltaje en el cursor del potenciómetro es también bajo. Este voltaje es muy pequeño para hacer conducir al diodo zener de 11 voltios. Así el diodo zener se comporta como un circuito abierto y SCR2 se mantiene en estado de corte.

A medida que la carga de la batería aumenta, el voltaje en el cursor del potenciómetro también aumenta, llegando a tener un voltaje suficiente para hacer conducir al diodo zener. Cuando el diodo zener conduce, dispara al SCR2 que ahora se comporta como un corto. Estando SCR2 conduciendo se creará una división de tensión con las resistencias R1 y R3, haciendo que el voltaje en el ánodo del diodo D3 sea muy pequeño para disparar al SCR1 y así se detiene el paso

de corriente hacia la batería (dejando de cargarla). Cuando esto ocurre la batería está completamente cargada. Si la batería se volviese a descargar el proceso se inicia automáticamente. El condensador C, se utiliza para evitar posibles disparos no deseados del SCR2

V.3.6. Módulo analizador de gases

El módulo analizador de cinco gases es por sí mismo un elemento independiente controlado por un sistema central de procesamiento digital. Éste es capaz de comunicarse con una computadora personal a través de una interfaz serial asincrónica. Este dispositivo fue ensamblado en el Laboratorio de Control de Emisiones de acuerdo a una configuración propia, con el fin de contar con un instrumento acorde a nuestras necesidades (fig.V.18). Puesto que forma parte de un instrumento "virtual", el conjunto carece de indicadores y controladores físicos. Todo el conjunto puede gobernarse por medio de software dedicado que puede adaptarse a las más exigentes necesidades. De esta forma el usuario decide que variable desea monitorear y en que formato (gráfico, alfanumérico, etc) .

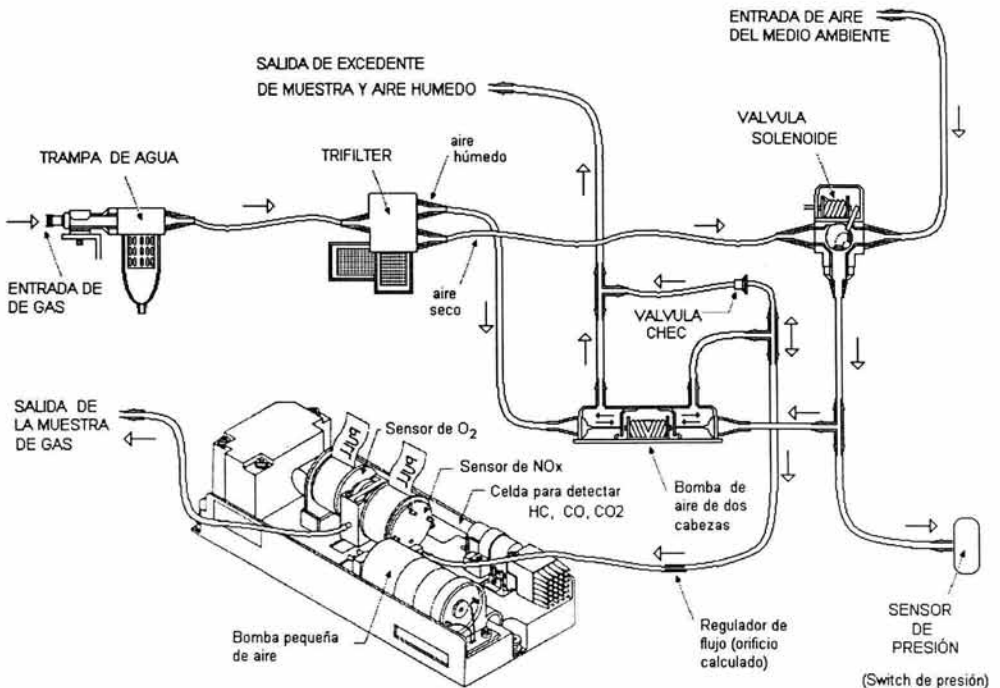


Fig.V.18. Elementos que conforman el sistema analizador de gases.

Como se observa en la figura anterior, los módulos que componen al sistema son:

- **“Trampa de agua”**. Se trata de un dispositivo que se encarga de separar las moléculas de agua suspendidas en la muestra de gas que se va analizar. Es necesario mencionar que este módulo es de suma importancia por que el agua puede alterar considerablemente las lecturas provenientes de los sensores.
- **“Trifilter”**. Consiste en un dispositivo que consta de un filtro de partículas sólidas suspendidas acoplado a dos condensadores. Mediante el filtro de partículas se eliminan aquellos residuos que arrastra la muestra de gases que no deben entrar en contacto con las celdas sensibles por que son altamente corrosivos. Los condensadores que tiene acoplados se utilizan para eliminar cualquier remanente de agua que pudo haber pasado aún por la trampa de agua. El módulo trifilter posee una entrada y dos salidas. Una de las salidas se conoce como “salida de gases secos” y la otra como “salida de gases húmedos”. Naturalmente la que se utiliza para hacer el análisis de los gases es la salida de gases secos.
- **Válvula de desvío de gases**. Se trata de una válvula solenoide para aplicaciones neumáticas. Mediante la operación de este dispositivo es posible seleccionar el origen de la muestra de gases. Esta puede provenir de dos sitios posibles: El sistema de filtrado (trampa de agua y módulo “trifilter”) ó de una toma externa. Cuando se hacen análisis de gases producto de una combustión es necesario que los gases circulen a través del sistema de filtrado. Sin embargo cuando se desea calibrar el sistema se utiliza la entrada directa.
- **Sistema de bombeo**. Es un arreglo de bombas neumáticas (bombas de aire de dos cabezas) mediante el cual se puede transportar la muestra de gases desde su origen hasta la banca analizadora de gases. En la configuración se utilizan dos bombas. Una de ellas se encarga de arrastrar la muestra de *gases secos* y la otra los *gases húmedos* que provienen del módulo “trifilter”.
- **Módulo de análisis**. Se le conoce por el término “banca analizadora de gases” y es el dispositivo en donde se alojan los sensores encargados de detectar la concentración de un gas en particular (fig.V.19). La banca con que cuenta el sistema posee dos celdas electroquímicas mediante las cuales se pueden detectar y analizar la concentración de oxígeno y óxidos de nitrógeno en la muestra. También cuenta con una celda infrarroja mediante la cual se pueden detectar las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrocarburos, utilizando la técnica de absorción de ondas infrarrojas.

Este sistema cuenta con una "micro-bomba" que se utiliza para transportar pequeñas muestras de gas hacia el interior de las cámaras de análisis con la que cuenta la banca.

La banca cuenta con un sistema inteligente que procesa las lecturas provenientes de los sensores interpretándolas como concentraciones de gases y que puede comunicarse de manera serial con una computadora personal por medio de un protocolo propio. También cuenta con un convertidor analógico-digital con dos canales de entrada, un sensor de temperatura ambiente y ocho terminales de salida TTL mediante las cuales se pueden controlar dispositivos como válvulas solenoides y bombas.

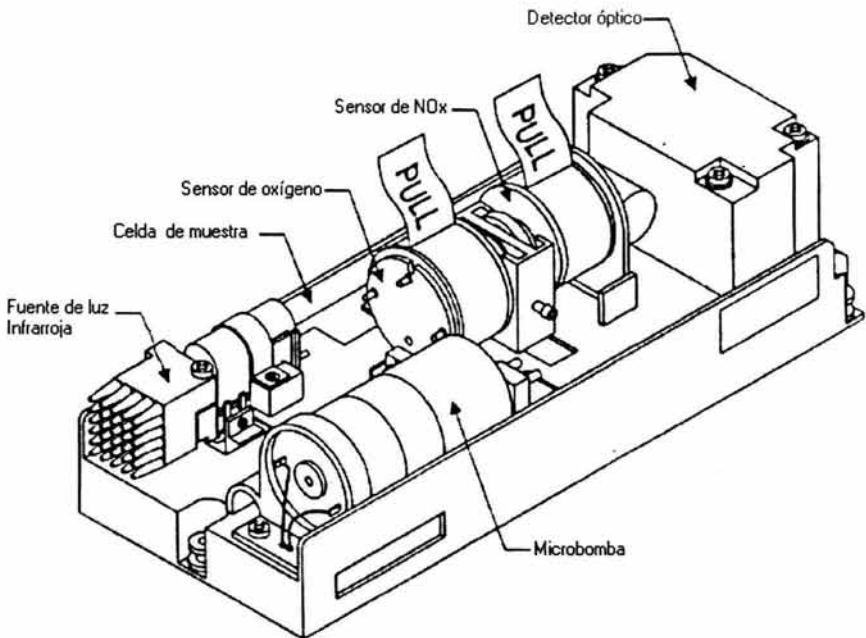


Fig.V.19. Banca analizadora de gases.

- **Módulo antirretorno de muestra.** Se utiliza una válvula chec mediante la cual se logra que las muestras de gases circulen en una dirección evitando que se regresen dentro del sistema, de esa forma se garantiza que la muestra circula por el sistema.

-
- **Módulo de regulación de flujo** . Se trata de un orificio calculado mediante el cual se regula el paso de gases de forma tal que no sea excesiva para las cámaras de análisis. Un caudal de gases superior a puede ser causa de que las lecturas que se reporten de los sensores del analizador sean erróneas.
 - **Módulo detector de fugas**. El sistema cuenta con un interruptor de presión, mediante el cual es posible detectar cuando el sistema neumático se encuentra obstruido. Cuando esto sucede, las bombas siguen funcionando y elevan la presión haciendo que este interruptor se active. Esto no sucede cuando en el sistema existen fugas, por lo que es un dispositivo muy útil para evaluar si el sistema es confiable o no. A su vez, permite poder detener al sistema de forma oportuna de modo que las bombas no se dañen por funcionar con el sistema obstruido.
 - **Sonda de muestreo**. Consiste en una manguera especial a través de la cual se transportan los gases de muestreo desde su origen hasta donde se encuentra el analizador. Esta tiene una longitud de seis metros y un diámetro de un cuarto de pulgada. Esta manufacturada de materiales plásticos que no despiden hidrocarburos.

Para la adquisición de datos se utilizó una computadora personal Pentium con 16MB de RAM a 200 MHz y 1M de memoria para video. El equipo cuenta con un *mouse* serial, un teclado para Windows95 y un monitor SVGA a color de 15". Es importante mencionar que la *motherboard* de la P.C. debe tener mas de tres *slots* de expansión para alojar a las diferentes tarjetas extra que se puedan requerir. (Video, Sonido, TAD, Analizador de gases, etc.)

En el próximo capítulo podrá conocer el complemento del hardware: el software. Esto le dará una imagen más clara del proyecto completo, ya que se trata de un instrumento virtual. Por tanto el software es indispensable describir la forma en que este poderoso software puede controlar a cada uno de los módulos del banco dinamométrico.

CAPÍTULO VI

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Este capítulo presenta una descripción detallada del programa que gobierna al banco dinamométrico para motocicletas. De forma análoga al hardware, el software fue diseñado de forma modular, lo que facilita al lector poder comprender cada parte que conforma al sistema completo.

VI.1. Descripción operativa del software

La etapa de software se encarga de controlar los dispositivos del dinamómetro de forma manual o automática, desplegar las variables de interés y generar una base de datos. Para ello se utilizó un entorno de programación especialmente diseñado para desarrollo de proyectos de instrumentación.

Se utilizó este entorno de programación por tratarse de un recurso muy poderoso con el que se contaba y además es 100% compatible con la tarjeta de adquisición de datos.

El programa que gobierna al sistema está compuesto por un ciclo de cinco rutinas independientes que se repiten indefinidamente hasta que el usuario decide detener el ciclo (ver figura VI.1). Cada rutina tiene una tarea básica. La primer rutina, *R0*, tiene por objeto capturar los valores iniciales de una prueba, la siguiente rutina, *R1*, prepara la prueba para que en la siguiente

pueda llevarse a cabo la misma. En cuanto culmina la segunda rutina, el sistema toma muestras provenientes del tacómetro, la celda de carga y el analizador de gases, así mismo calcula valores de par, potencia, velocidad y rpm desarrolladas por la motocicleta. También se calcula la distancia aparente recorrida durante el tiempo que dura la prueba. Durante esta tercer rutina, R2, el sistema despliega en pantalla un ciclo de manejo que el usuario tiene que seguir. La rutina que le sigue a la prueba (R3) básicamente se encarga de evitar que el usuario pueda abrir la abrazadera de la motocicleta si ésta no se encuentra completamente detenida. Por último, la quinta rutina, R4, permite que el usuario genere una base de datos con los datos recabados durante la prueba.

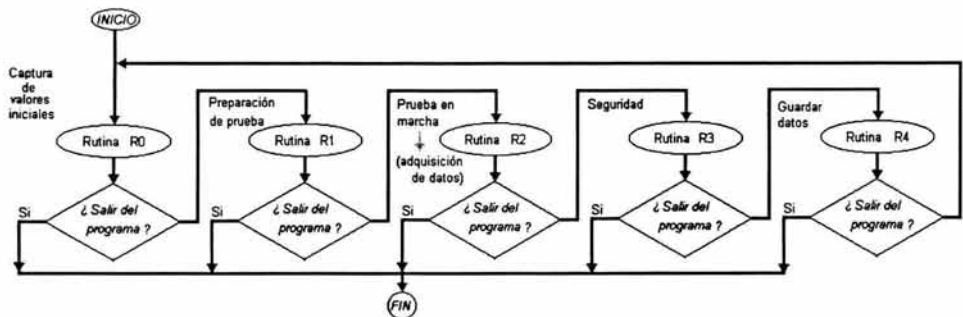


Fig.VI.1. Diagrama de flujo general del sistema.

El programa contiene una subrutina con la que puede comenzar un proceso de calibración estática de la celda de carga. Esto se logra colocando pesas de 4.74lb, 4.75lb y 9.88lb, en la parte superior de la celda de carga cuando la computadora se lo indique.

El protocolo de prueba que el software utiliza para evaluar las emisiones de una motocicleta varía dependiendo de las características de la misma (número de carreras y cilindrada), ya que dependiendo de éstas el sistema escoge uno de los seis ciclos de manejo personalizados. Un ciclo de manejo es una representación gráfica de la forma de conducir típica de un tipo de vehículo en una localidad específica. Los seis diferentes ciclos con los que cuenta el sistema fueron desarrollados completamente por el personal involucrado en el proyecto, y representan confiablemente el parque vehicular de motocicletas de dos ruedas que existe en el Valle de México.

Para obtener estos ciclos se instrumentaron diferentes motocicletas con el fin de conocer su desempeño en distintas áreas de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Después de un gran número de recorridos por dichas áreas se obtuvo una colección de información con la que se

formo una base de datos. La información recabada fue objeto de diferentes estudios estadísticos que permitieron encontrar las formas características en que la gama de motocicletas del parque vehicular es conducida por la ciudad.

El patrón resultante es objeto de estudio por que sirve de ruta crítica para evaluar a las motocicletas que tienen características comunes. De esta manera el software carga y despliega en pantalla el ciclo de manejo que le servirá de referencia cuando haga una prueba en el banco dinamométrico (ver figura VI.2).

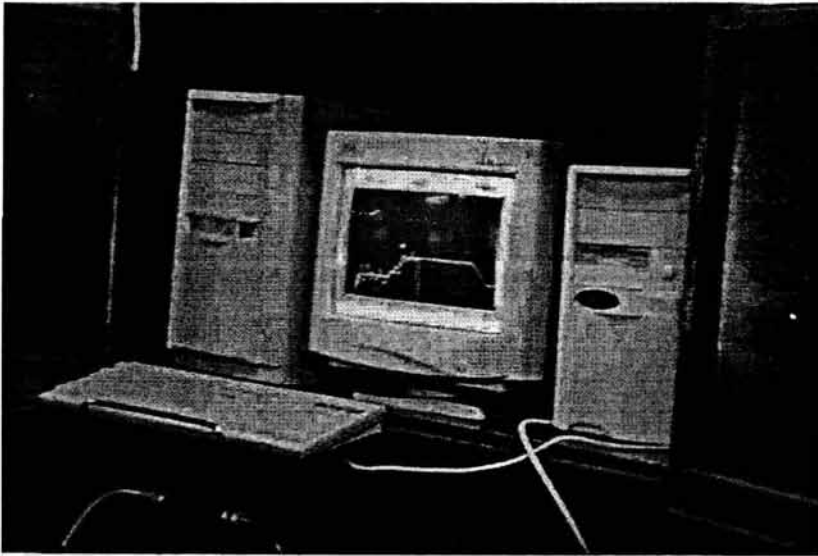


Fig.VI.2. Aspecto del despliegue de un ciclo de manejo.

El sistema analiza la constancia del usuario para seguir la ruta crítica marcada por el ciclo de manejo, de tal manera que invalide la prueba si considera que no la está siguiendo lo suficientemente bien. Para que una prueba sea válida el usuario que se encuentre realizando la prueba debe de estar dentro del 5% de error de la ruta que indica el ciclo de manejo. Al mismo tiempo que se realiza la prueba el sistema aplica una carga de freno (fija y predeterminada) a la Unidad de Absorción de Potencia, con el fin de simular las condiciones reales de conducción.

Aprovechando la versatilidad que ofrece una computadora personal, las variables medidas fueron desplegadas en pantalla para indicar su magnitud de manera cuantitativa. De manera análoga se despliega el estado de la abrazadera y de la carga aplicada.

Inicialmente se buscó que el sistema fuera un prototipo de laboratorio, para uso exclusivo de motocicletas de dos ruedas, debido a que son las más comunes en el mercado, sin embargo, este sistema fue concebido para que pueda ser utilizado en el futuro en centros de verificación de emisiones (Verificentros) para motocicletas.

También se buscó que el sistema contara con elementos de seguridad para los usuarios, evitando que se pueda hacer algún tipo de prueba con la motocicleta si no se encuentra firmemente asegurada por una abrazadera, o que el usuario pueda abrir las abrazaderas que sujetan a la motocicleta, si ésta se encuentra en movimiento.

Se procuró que el *software* contara con ayuda en pantalla para que el usuario pudiera saber los pormenores sobre el sistema al momento de usarlo. Con esto se pretendió hacer del sistema una herramienta amigable de fácil operación.

El sistema puede generar una base de datos, a partir de las mediciones que se hacen durante las pruebas, para que los datos puedan ser utilizados posteriormente para su análisis o estudio.

VI.1.1. Elementos que conforman el software

Al ejecutar el programa desarrollado, lo primero que el usuario puede ver es una pantalla de presentación. Dicha pantalla cuenta con un escudo del GDF y una animación gráfica que se despliega continuamente (figura VI.3). Para poder ejecutar una prueba el usuario tiene que *oprimir* el botón virtual que tiene la leyenda "continuar", con lo que esta ventana desaparece.

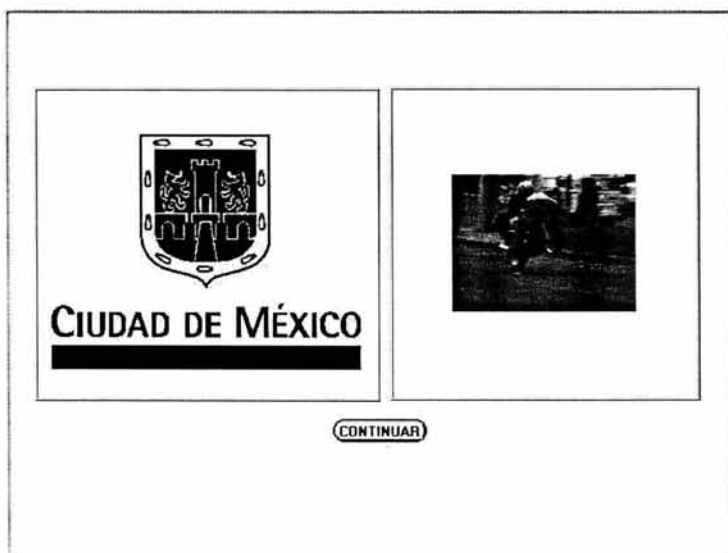


Fig.VI.3. Aspecto del panel de entrada.

El usuario puede ver que enseguida se despliega un panel virtual con las opciones carro y mordaza. Manipulando los botones virtuales de ambas opciones, es posible controlar las mordazas que posee el sistema con el fin de acomodar una motocicleta en el banco de pruebas (figura VI.4). El panel cuenta con cuatro botones virtuales de control para ajustar la distancia de mordazas a lo largo de la motocicleta así como para sujetar al neumático delantero de la misma. Si el usuario lleva las mordazas hasta los topes delantero o trasero del banco, el sistema inhibirá el botón virtual para alejar o acercar las mordazas según sea el caso. Lo mismo ocurre cuando el usuario abre las mordazas por completo. Es muy importante sujetar la motocicleta firmemente haciendo uso de cinturones de seguridad. Para salir de esta ventana el usuario tiene que oprimir el botón virtual con la leyenda "continuar".



Fig.VI.4. Aspecto del control virtual del carro y las mordazas del sistema.

Una vez que el usuario ha oprimido el botón virtual con la leyenda "continuar", el primer menú que se presenta es para que el usuario pueda capturar los datos del dueño de la motocicleta que se desea probar. La imagen que se muestra a continuación describe la forma en que esto puede ser posible.

The screenshot shows a web interface for data capture. At the top left is the UNAM logo and name, and at the top right is the UNAM coat of arms and 'Ciudad de México'. Below this is a title bar: 'Verificación de contaminantes para motocicletas de 2, 3 y 4 ruedas'. The main form area is titled 'DATOS DEL PROPIETARIO DE LA MOTOCICLETA' and contains the following fields:

- NOMBRE:** A text input field.
- DOMICILIO:** A text input field.
- COLONIA:** A text input field.
- C.P.:** A numeric input field with '0' entered.
- DELEGACIÓN:** A dropdown menu with a checkmark icon. The menu is open, showing a list of delegations: Alvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán (highlighted), Cuajimalpa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tlahuac, Tlalpan, Venustiano Carranza, and Xochimilco.

At the bottom of the form are three buttons: 'TERMINAR', 'ATRÁS', and 'CONTINUAR'. The 'CONTINUAR' button is highlighted with a dark background.

Fig.VI.5. Aspecto de la ventana para capturar los datos del dueño de la motocicleta.

El menú cuenta con tres campos de texto para que se especifique el nombre, el domicilio y la colonia del mismo. Además el menú contiene un campo numérico en donde se puede

especificar el código postal y un submenú tipo "combo box" en el que se puede elegir una de las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal.

Este menú cuenta con tres botones virtuales con los que el usuario puede terminar la ejecución del programa, continuar o ir hacia el panel de control de mordazas (oprimiendo el botón virtual con la leyenda "ATRAS"), respectivamente.

Si el usuario oprime el botón virtual con la leyenda "CONTINUAR", se desplegará otro menú para que el usuario pueda capturar los datos de la prueba. En este menú se despliegan entre otras cosas, la fecha de la prueba, la fecha de vencimiento, la hora actual y el folio de multa (en caso de que exista). Este menú puede verse en la imagen VI.6.

The image shows a graphical user interface window for a software application. At the top, there is a header bar with the UNAM logo on the left and the text 'Ciudad de México' on the right. Below the header, the window title is 'Verificación de contaminantes para motocicletas de 2, 3 y 4 ruedas'. The main content area contains a form with several input fields and two buttons. The form fields are labeled: 'FECHA ACTUAL', 'FECHA DE VENCIMIENTO', 'HORA ACTUAL', 'CENTRO', 'TECNICO', 'CERTIFICADO ANTERIOR', 'FOLIO DE MULTA', and 'TIPO DE VERIFICACION'. The buttons are labeled 'ATRAS' and 'CONTINUAR'. The form is enclosed in a rectangular frame with a dark background and light text.

Fig. VI.6. Aspecto de la ventana para capturar los datos de la prueba.


Si el usuario oprime el botón virtual con la leyenda "continuar" de la ventana de la figura VI.6, podrá ver que se despliega un menú denominado "datos de la motocicleta". En éste el usuario tiene que capturar datos como la marca, sub-marca, año-modelo, placa, número de carreras, número de cilindros y cilindrada (ver fig. VI.7). Una vez que el usuario ha capturado correctamente la información requerida, puede continuar con la prueba oprimiendo el botón denominado "CONTINUAR". Hecho esto el sistema verifica si el analizador de gases se encuentra preparado para capturar datos. De no ser así realiza una rutina de "autocero" para que la prueba se pueda llevar a cabo.

UNAM
Ciudad de México

Verificación de contaminantes para motocicletas de 2, 3 y 4 ruedas

DATOS DE LA MOTOCICLETA **ATRÁS** **CONTINUAR**

MARCA SUB-MARCA Nº DE CILINDROS 1 ▼

 ANO-MODELO 1960 Nº DE CARRERAS 2T ▼

HONDA PLACA CILINDRADA cm ≤ 80

Fig.VI.7. Aspecto de la ventana para capturar los datos de la motocicleta.

Durante el *autocero* se despliega en la pantalla un mensaje que advierte al usuario sobre un periodo de espera para que esté conciente de la actividad del sistema (ver fig. VI.8).

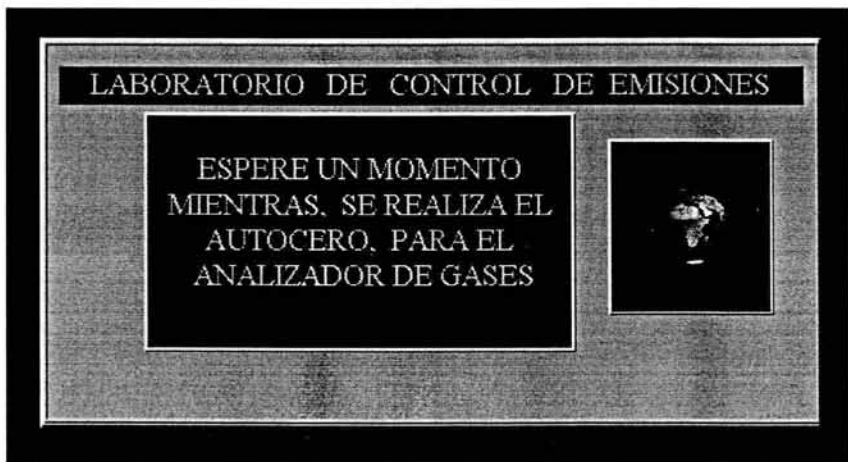


Fig.VI.8. Aspecto de la ventana del autocero.

Cuando el sistema detecta que el analizador de gases se encuentra listo para adquirir datos de las emisiones, éste despliega en pantalla un gráfico que presenta el ciclo de manejo correspondiente al tipo de motocicleta que se va a evaluar (ver fig. VI.9).

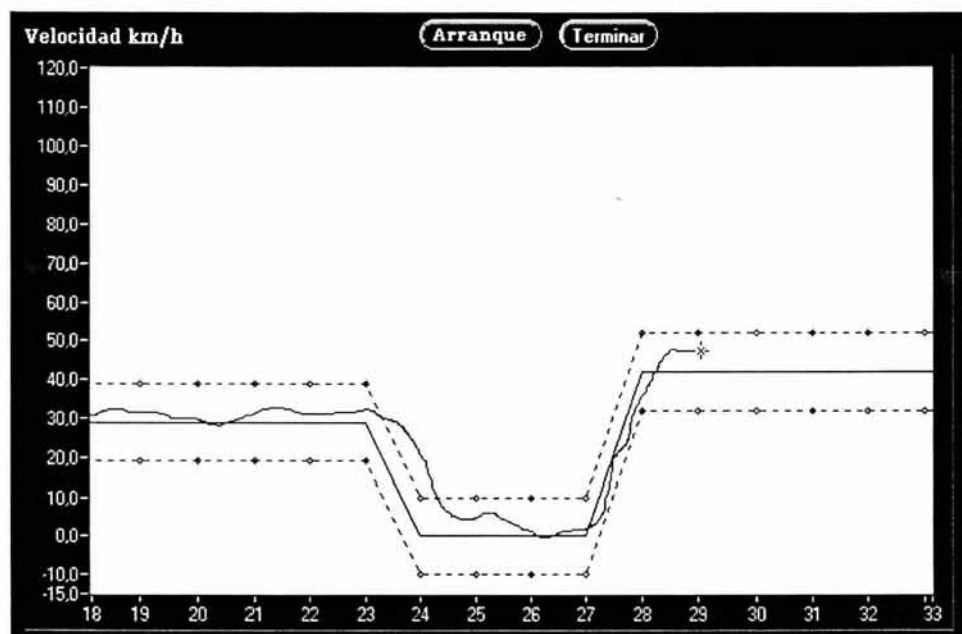


Fig. VI.9 Despliegue de un ciclo de manejo durante una prueba.

La ventana donde se despliega el ciclo de manejo posee dos botones virtuales. Uno de ellos se utiliza para terminar la prueba y el otro para arrancar la motocicleta utilizando el motor de arranque del banco.

Si se desea arrancar la motocicleta utilizando el motor de arranque del sistema, es necesario poner la motocicleta en punto muerto. Una vez oprimido el botón virtual con la leyenda arrancar, se despliega en pantalla una ventana que alerta al usuario de posibles accidentes por descuido antes de utilizar este medio (ver fig. VI.10).

En esta ventana aparece un botón virtual que permite al usuario accionar el motor de arranque que posee el banco de motocicletas. Una vez que el usuario ha terminado de utilizar este medio tendrá que cerrar dicha ventana para continuar con la prueba.



Fig. VI.10. Advertencia desplegada para accionar el motor de arranque.

Cuando se corre una prueba de este tipo, se despliega en la pantalla el ciclo de manejo que tendrá que seguir el usuario. También se despliegan en pantalla los límites máximos permisibles dentro de los cuales puede llevar a cabo su tarea. El sistema únicamente permite que el usuario pueda salir de la ruta crítica por cuatro veces, siempre y cuando regrese antes de cuatro segundos. Si el usuario es incapaz de seguir correctamente el ciclo de manejo la prueba se aborta automáticamente con el fin de que la repita nuevamente (ver fig. VI.11). En este caso no es necesario introducir toda la información que previamente se capturó, únicamente se vuelve a presentar la pantalla para que se inicie una prueba.



Fig. VI.11. Mensaje de notificación de prueba inválida.

Durante la prueba el usuario tiene la capacidad de abortar la misma si así le parece correcto, para ello debe oprimir el botón virtual con la leyenda "Terminar". Para que la información registrada durante la prueba sea aceptable, será necesario terminar la prueba por completo sin recurrir al botón de término. Si se ha concluido la prueba exitosamente el sistema le preguntará al usuario si desea guardar la información recaudada durante la misma. Para ello se vale de una pequeña ventana de diálogo que se despliega automáticamente.

También despliega otra ventana de diálogo para preguntarle al usuario si desea imprimir la información relacionada con la prueba. Después de contestar dichas preguntas el sistema nuevamente despliega el panel de control de mordazas para que el usuario pueda liberar la rueda delantera de la motocicleta con el fin de retirar la unidad del banco.

VI.2 Descripción técnica del software

Una de las características más importantes de la programación bajo un ambiente gráfico como el que ofrece el software de desarrollo que se utilizó, es que se puede prescindir de diagramas de flujo. Esto se debe a que un diagrama programado con este lenguaje, no es otra cosa que un diagrama de flujo con formato propio. Lo anterior no significa que los diagramas de flujo *tradicionales* no sean necesarios pero bajo estas circunstancias es frecuente que resulten redundantes.

Como ya se mencionó anteriormente, el programa está compuesto básicamente de una secuencia de cinco rutinas principales denominadas: "R0", "R1", "R2", "R3" y "R4" que se repiten indefinidamente en ese orden (Fig. VI-1).

Una vez comenzado el programa el usuario puede abandonarlo con solo oprimir un botón virtual con la leyenda "salida". Cuando esto sucede el programa automáticamente inhibe el control de intensidad de freno para que no ocasione un accidente.

Como ya se mencionó, un programa de este tipo se compone de dos partes fundamentales: el panel de control y el diagrama. En este caso en particular el usuario puede familiarizarse con el sistema virtual únicamente a través del panel de control desplegado en el monitor de una computadora.

VI.2.1 LA RUTINA "R0"

La rutina R0 (fig. VI -4) tiene la finalidad principal de interactuar con el usuario a través del panel virtual de control, para poder capturar los valores de tiempo de duración de la prueba e intensidad del freno. También le permite poder activar o desactivar el freno del dinamómetro haciendo uso de botones virtuales. Ver diagrama de flujo y de programación de la rutina "R0" en las figuras VI.12 y VI.13 respectivamente.

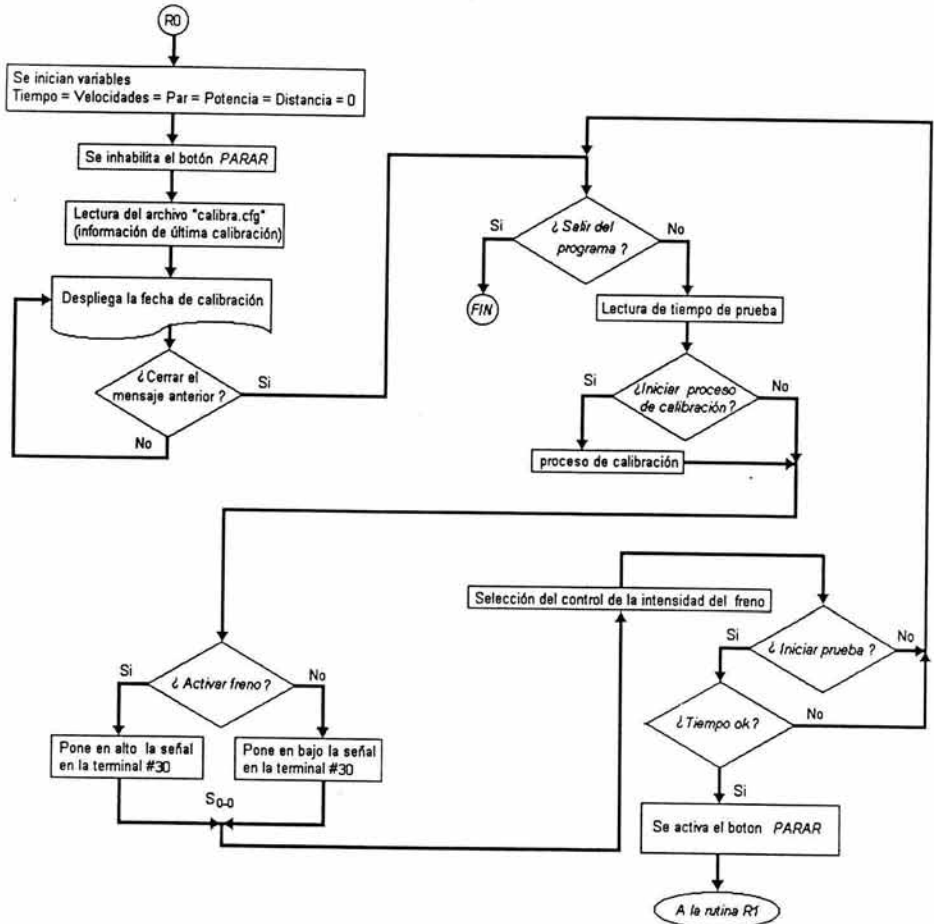


Fig.VI.12. Diagrama de flujo de la subrutina "R0".

En la rutina *R0* se programan los valores iniciales de muchas las variables que intervienen a lo largo del programa, y se define el estatus de los objetos virtuales del panel (botones y despliegues).

En la rutina *R0* se lee el archivo denominado "*calibra.cfg*" del subdirectorio "*C:DYNO*" para conocer la fecha correspondiente a la última calibración estática del dinamómetro (fig. VI-13 ①). Esta fecha se despliega por medio de un *subVI* de diálogo (fig. VI-13 ②). Para que este evento no pase desapercibido, el programa emite un sonido corto mediante el uso de un *subVI* que controla la bocina que posee la computadora personal (fig. VI-13 ③). La figura. VI-14 muestra el modo en que se despliega este mensaje en el panel de control.

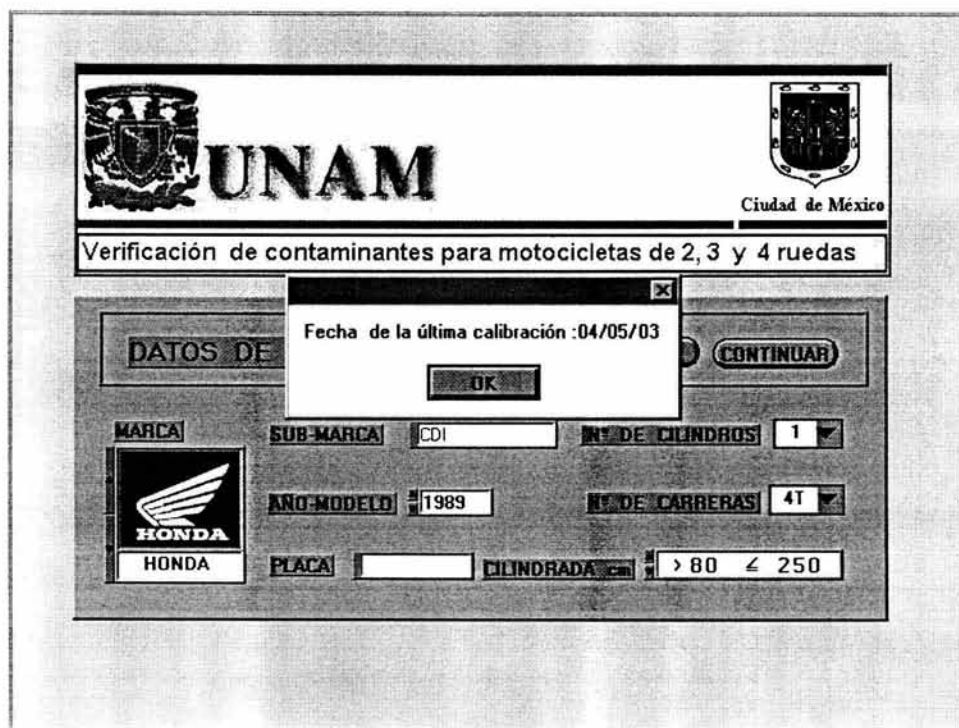


Fig VI.14. Despliegue de la fecha de la última calibración al iniciar el programa.

Como se aprecia en la figura anterior, el sistema despliega la fecha en la que se hizo la última calibración. El usuario puede invocar un *subVI* denominado *CALIBRO* (fig. VI-4 ④). Mediante este *subVI*, el sistema puede dirigir al usuario paso a paso durante un proceso de calibración estático típico de la celda de carga del sistema.

VI.2.1.1. Proceso de calibración estática

El VI "CALIBRO" es un programa independiente dedicado a la adquisición de los parámetros referentes a la calibración del sensor de par. Este VI puede ser invocado a manera de subVI por otro VI, y consta de una secuencia de cinco rutinas en las que se guía al usuario paso a paso en lo que se denomina un proceso de calibración. Este proceso consiste en ajustar una escala arbitraria a la respuesta que ofrece el sensor de par, de modo que la señal eléctrica que proviene del mismo sea interpretada como una medida del par desarrollado por el vehículo y pueda representarse cuantitativamente como tal (fig.VI.15). Para ello el sistema evalúa el comportamiento del sensor exponiéndolo a diferentes valores de par para conocer la "curva de respuesta" del mismo.

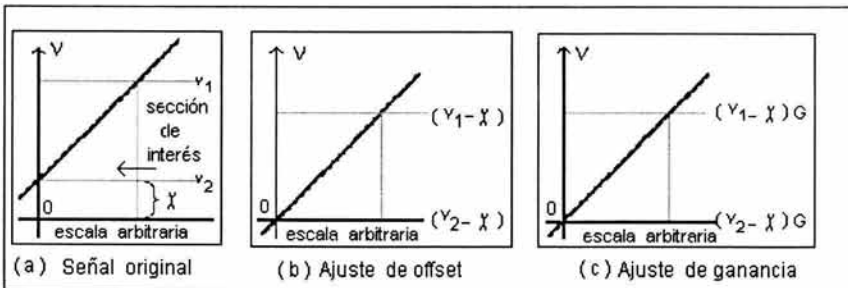


Fig. VI.15. Proceso de autocalibración.

El equipo del banco de motocicletas viene acompañado de un juego de tres pesas que se utilizan para calibrar el sensor de par (fig.VI-16).



Fig. VI.16. Juego de pesas de calibración y porta pesas.

Como la celda de carga es lineal, la denominada "curva de respuesta" es en realidad una línea recta que relaciona voltaje con unidades de par. A pesar de que este VI posee un panel de control, éste no se visualiza al ser invocado por otro VI, por que en realidad interactúa con el usuario a través de VI's de diálogo.

Si el usuario decide correr este VI de manera independiente, el panel de control hace visible para el usuario los valores de voltaje que se registran para cada nivel de par a la que sea expuesto el sensor. Cuando por el contrario, este VI es invocado desde otro VI, lo único que el usuario visualiza es el panel del programa principal que lo invocó y los controles de diálogo del subVI.

En la figura VI-17 puede apreciarse la forma en que las pesas se van acomodando en el portapesas durante el proceso de calibración.



Fig. VI. 17. Aspecto del dinamómetro durante la calibración estática.

La calibración un proceso que se realiza en cinco pasos:

- **Primer paso del proceso de calibración**

Una rutina (Apéndice C, fig.C-1), hace visible al usuario una ventana de diálogo que posee dos botones virtuales (fig.VI.18). Si el usuario oprime el botón virtual con la leyenda "Continuar", el dispositivo hace una lectura del puerto de entrada analógica "ACH0", a través de la terminal #1 de la tarjeta de adquisición de datos.

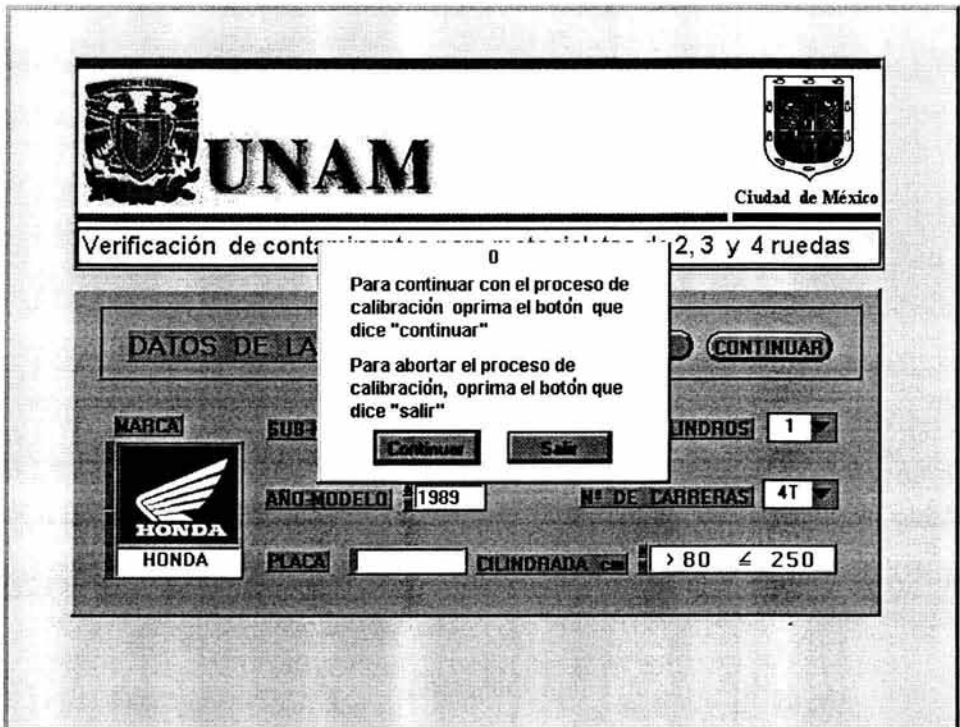


Fig. VI. 18. Proceso de autocalibración (primer paso).

El voltaje que el sistema "lee", sirve de referencia para poderlo restar a las mediciones subsecuentes, de otra forma no se estaría contemplando el desplazamiento que origina el propio "porta-pesas" en el sistema. Después de hacer esto la ventana de diálogo desaparece y se ejecuta la rutina R1-C. Si por el contrario, el usuario decide terminar el proceso de calibración y oprime el botón con la leyenda "Salir", la ventana de diálogo desaparece y el proceso de calibración se aborta sin acarrear ninguna consecuencia para el sistema (fig. VI. 19).

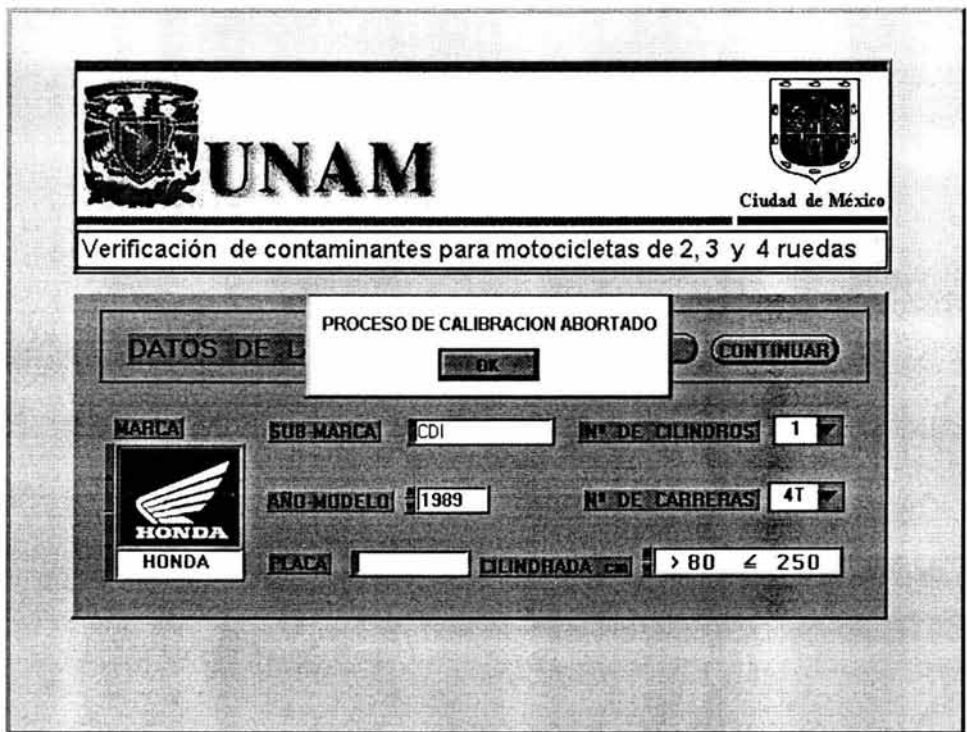


Fig. VI.19. Mensaje que se despliega cuando el proceso de autocalibración es abortado.

- **Segundo paso del proceso de calibración**

La rutina R1-c (apéndice C, fig.C-2), hace visible al usuario otra ventana de diálogo semejante a la anterior. El texto desplegado en esta segunda ventana pide al usuario que coloque una pesa de 9.88 libras en el "porta-pesas" del dinamómetro y que posteriormente oprima el botón "Continuar", para que pueda proseguir con el proceso de calibración. Si el usuario oprime dicho botón, el dispositivo hace una lectura del puerto de entrada analógica "ACH0" a través de la terminal #1 de la tarjeta de adquisición de datos.

El voltaje que el sistema "lee" se pasa como primer parámetro hacia la última rutina (R4-c) para que sea procesado. Si el usuario oprime el botón con la leyenda "Salir", el subVI "CALIBRO" termina sin acarrear ninguna consecuencia para el sistema.

- **Tercer paso del proceso de calibración**

La rutina R2-c (apéndice C, fig. C-3), hace visible al usuario una tercer ventana de diálogo que al igual que las anteriores también posee dos botones virtuales. El texto desplegado en esta ventana pide al usuario que coloque una segunda pesa -de 4.75 libras- en el "porta-pesas" y que posteriormente oprima el botón "Continuar".

De esta forma se expone al sensor a una carga de 14.62 libras. Nuevamente, si el usuario oprime el botón virtual con la leyenda "Continuar", el dispositivo hace una lectura del puerto de entrada analógica "ACH0". El voltaje que el sistema "lee" se pasa como segundo parámetro hacia la última rutina R4-C para que sea procesado. Si el usuario decide terminar el proceso de calibración sólo necesita oprimir el botón con la leyenda "Salir", y el subVI "CALIBRO" terminará sin acarrear ninguna consecuencia para el sistema.

- **Cuarto paso del proceso de calibración**

La rutina R3-C (apéndice C, fig. C-4) hace visible al usuario una cuarta *ventana de diálogo* como las anteriores. El texto desplegado en esta ventana pide al usuario que coloque una tercer pesa -de 4.74 libras- en el "porta-pesas" y que posteriormente oprima el botón "Continuar". Así la celda de carga es expuesta a una carga de 19.36 libras.

Si el usuario oprime el botón virtual con la leyenda "Continuar" el dispositivo hace una lectura del puerto de entrada analógica "ACH0", a través de la terminal #1 de la tarjeta de adquisición de datos. El voltaje que el sistema "lee" se pasa como tercer parámetro hacia la última rutina R4-C para que sea procesado. Si el usuario decide terminar el proceso de calibración sólo necesita oprimir el botón con la leyenda "Salir", y el subVI "CALIBRO" terminará su función sin acarrear ninguna consecuencia para el sistema.

- **Quinto paso del proceso de calibración**

La última rutina denominada R4-C (apéndice C, fig. C-5) se encarga de procesar los tres datos anteriores para obtener la mejor recta posible que los pueda representar. Para ello se utiliza un VI de la biblioteca estándar del software de desarrollo dedicado a hacer regresiones lineales (mediante el método de mínimos cuadrados). Este VI tiene como parámetros de entrada una colección de puntos en un formato de arreglos de coordenadas denominadas "X" y "Y". De esta forma se introducen al VI los datos correspondientes a par (valores "X") y a voltaje (valores "Y"). Los parámetros de salida que se utilizan este VI son: "m" pendiente de la recta ajustada y "b" ordenada al origen de dicha recta.

VI.2.1.2. El proceso para activar y desactivar el freno (sub-rutina "S0-0")

Durante la ejecución de la rutina R0 la sub-rutina S0-0 juega un papel importante, por que permite que el programa active o desactive el freno antes de que la prueba inicie. El programa detecta cualquier cambio en el botón de inicio de prueba, por medio de una variable booleana que se encuentra asociada al mismo. Cuando el sistema detecta que este botón virtual se oprimió, pone en alto una señal TTL a través de la terminal #30 de la tarjeta de adquisición de datos (PC0). Esta señal puede inhibir cualquier señal de control de intensidad de freno (fig. VI.20).

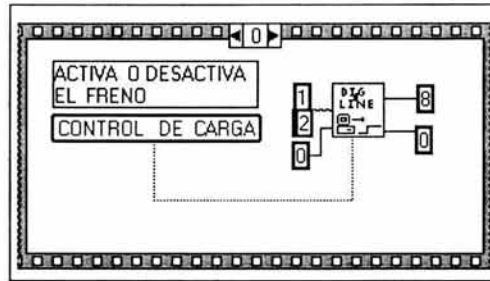


Fig. VI.20. Proceso para activar y desactivar el freno.

VI.2.1.3. El selector de control de intensidad de freno (sub-rutina "S0-2")

Antes de que se inicie una prueba, el usuario puede indicar la intensidad de freno que se tiene que aplicar al comenzar la misma, (fig. VI.21). El valor de intensidad de freno, es decir la carga a la que se expone la motocicleta, varía de acuerdo al ciclo de manejo al que se exponga.

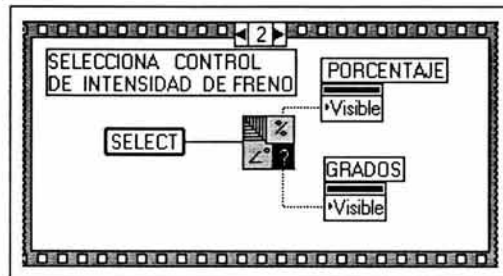


Fig. VI.21. Selector de intensidad de freno.

La subrutina S0-2 permite al usuario especificar en qué formato se introducirá el valor correspondiente a la intensidad de freno.

Esta subrutina está compuesta por un subVI denominado "COMPA", que interpreta la posición del selector virtual de la barra de intensidad de freno para que se despliegue el control de intensidad de frenado en modo de porcentaje o en modo de ángulo de disparo.

Cuando el usuario oprime el selector virtual con la leyenda "%" o la leyenda "°", se visualizan las dos opciones disponibles de modo de despliegue del control de intensidad del freno. El usuario tiene la oportunidad de escoger cualquiera de las dos opciones disponibles y cuando lo hace su opción queda visible en el selector.

De este modo la sub-rutina puede interpretar la opción contenida en el selector para activar o desactivar cualquiera de los dos controles de forma que el sistema pueda capturar el valor

correspondiente a la intensidad de frenado ya sea en modo de porcentaje o en modo de ángulo de disparo.

VI.2.2. LA RUTINA "R1"

Como puede apreciarse en la figura VI.22, la rutina R1 no posee sub-rutinas como es el caso de la rutina R0 ; durante su ejecución hace los preparativos internos necesarios para que una prueba pueda llevarse a cabo. Esta rutina no tiene ninguna clase de interacción con el usuario por que únicamente procesa parte de la información que el usuario capturó durante la rutina anterior.

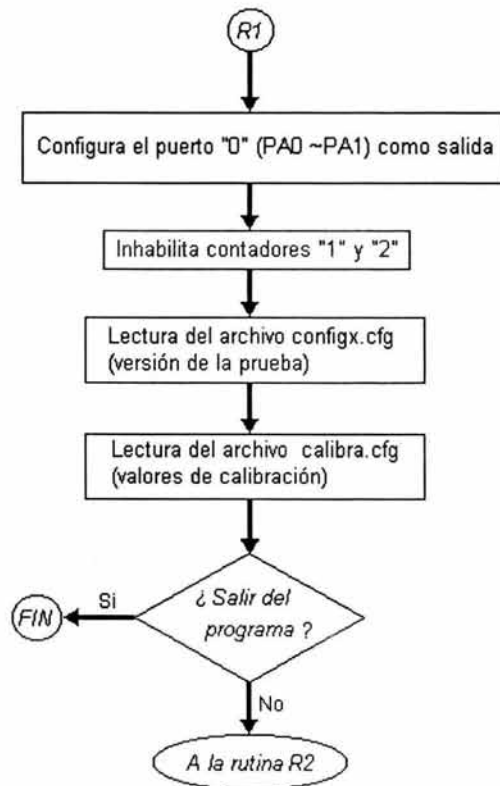


Fig. VI.22. Diagrama de flujo de la rutina "R1".

El desarrollo del programa durante la ejecución de esta rutina es la siguiente:

- Primero abre el archivo denominado "*configx.cfg*" (fig. VI.23 ①). Este archivo contiene la información referente a la fecha correspondiente a la última vez que se realizó una prueba con este programa y el número de veces que se guardaron los resultados de dichas pruebas durante ese día.

Este programa está diseñado para que cuando se desee guardar en disco los resultados de una prueba, éstos sean depositados automáticamente en un archivo con un nombre que exprese la fecha del día en que se realizó la prueba.

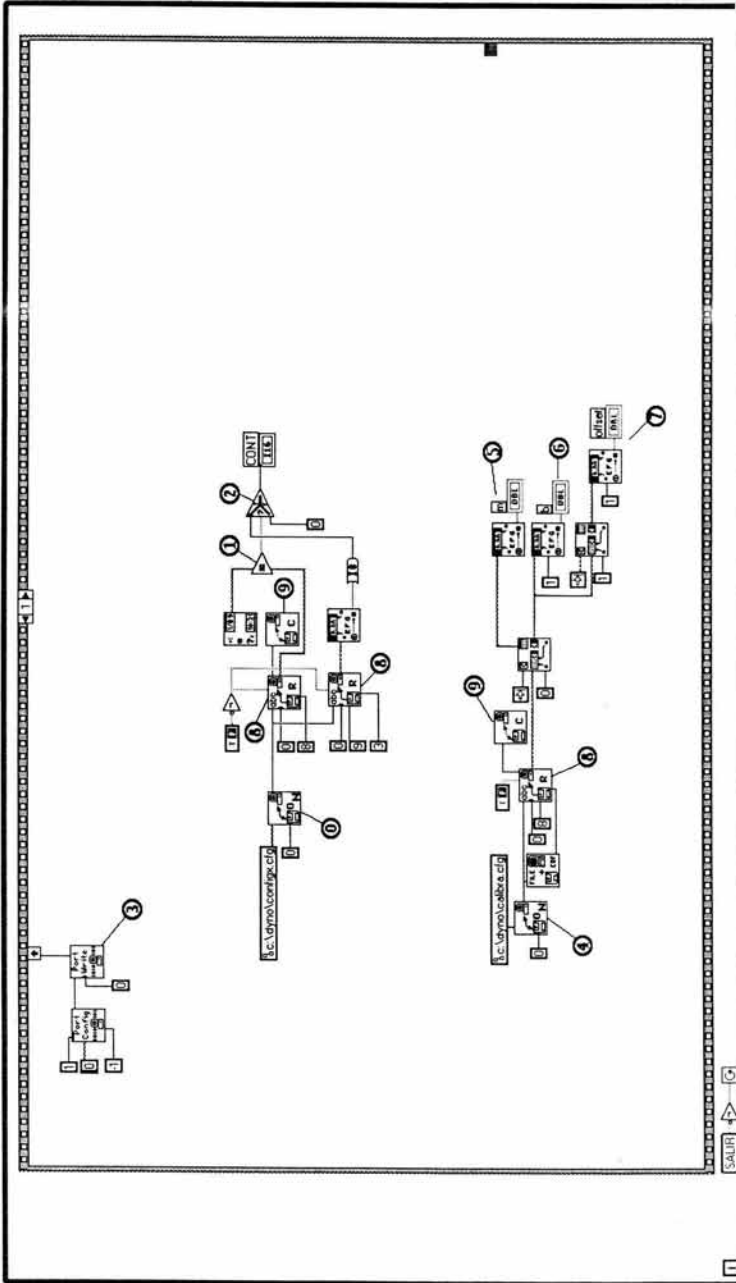
Para diferenciar entre los distintos archivos que puedan generarse en el transcurso de un mismo día, el sistema agrega como extensión al nombre del mismo un número secuencial a partir de cero. De esta forma el sistema puede recopilar en un solo día hasta 999 versiones diferentes correspondientes a un mismo número de pruebas diferentes.

El sistema confirma al usuario si desea que los resultados se guarden con el nombre que se le designa automáticamente, o si prefiere que se guarde bajo un nombre totalmente personalizado.

Durante la rutina *R1*, se verifica si ya es un nuevo día, comparando la fecha que tiene guardada en el archivo "*configx.cfg*" con el valor de la fecha actual de la computadora personal (fig. VI.23 ①). Si estos son diferentes, significa que es la primera vez que se utiliza el programa en ese día, y por lo tanto se le asigna un número cero a la variable "*CONT*" de la presente prueba.

Si posteriormente el usuario decide guardar los resultados de esa prueba, el archivo que los contenga tendrá como extensión ".000". Si por el contrario la fecha contenida en el archivo "*configx.cfg*" es igual a la fecha actual de la computadora personal, entonces significa que ya se ha guardado por lo menos un archivo de resultados en ese día y por lo tanto no modifica la variable (Fig. VI.23 ②).

- En segundo lugar, la subrutina *R1*, se encarga de configurar el puerto paralelo cero de la tarjeta de adquisición de datos como salidas TTL. El puerto cero o puerto "A", se utiliza para controlar de forma externa las compuertas "Gate's" de los contadores/temporizadores "B1" y



- ⑧ Proceso de lectura del archivo "config.cfg"
- ⑦ Lectura del valor de la pendiente "m"
- ⑥ Lectura del valor de la ordenada "b"
- ⑤ Lectura del valor de la abscisa "offset"
- ④ Proceso de lectura de un archivo
- ③ Proceso de cierre de un archivo
- ② Asignación de valor a la variable "CONT"
- ① Comparación de lectura contra "fecha actual"
- ⑧ Proceso de lectura del archivo "calibra.cfg"
- ⑦ Lectura del valor de la pendiente "m"
- ⑥ Lectura del valor de la ordenada "b"
- ⑤ Lectura del valor de la abscisa "offset"
- ④ Proceso de lectura de un archivo
- ③ Proceso de cierre de un archivo
- ② Asignación de valor a la variable "CONT"
- ① Comparación de lectura contra "fecha actual"

Fig. VI.23. Diagrama de la rutina "R1".

"B2" de la tarjeta de adquisición de datos para poder medir la frecuencia de giro del rodillo del dinamómetro para motocicletas. En esta rutina las compuertas "Gate's" de los contadores 1 y 2 se ponen en un nivel bajo para que éstos no empiecen a contar (fig. VI.23 ③).

- En tercer lugar, la sub-rutina vuelve a abrir el archivo "*calibra.cfg*", para leer los parámetros correspondientes a la última calibración del sensor de par (fig. VI.23 ④). Este sensor es una celda de carga, cuya respuesta es acondicionada para que pueda interpretarse en unidades de par. Este acondicionamiento implica un análisis de regresión lineal para obtener la mejor recta que interprete la relación entre voltaje y par motriz.

Al generar la ecuación de la mejor recta durante la calibración de este dispositivo, se obtienen los parámetros antes mencionados referentes a la pendiente de la recta (fig. VI-16 ⑤), la intersección de la recta con la ordenada al origen (fig. VI.23 ⑥) y la abscisa (fig. VI.23 ⑦).

En todos los casos anteriores, después de abrir un archivo para su lectura (fig. VI.23 ⑧), éstos necesariamente se vuelven a cerrar (fig. VI.23 ⑨).

VI.2.3. LA RUTINA "R2"

La rutina R2 es la que se encarga propiamente de la adquisición de datos (fig. VI.24). Consiste en una estructura repetitiva "*while loop*" dedicada a hacer mediciones de la frecuencia de giro del rodillo del dinamómetro y de niveles de voltaje de corriente directa provenientes del sensor de par (celda de carga) que se encuentra acoplado al estator del freno del dinamómetro.

La estructura repetitiva "*while loop*" puede dejar de ejecutarse dependiendo de dos condiciones: Agotando el tiempo de duración de la prueba u oprimiendo el botón virtual con la leyenda "Terminar" -para interrumpir una prueba durante su ejecución -.

Durante cada ciclo de esta secuencia se realizan las siguientes funciones:

- Adquisición de información proveniente de los sensores a través de la tarjeta de adquisición de datos.
- Aplicación de la intensidad de freno que el usuario programe.
- Adecuación de la información adquirida (escalamiento).
- Cálculos para hacer mediciones indirectas con los parámetros adquiridos.
- Despliegue de la información de interés en forma numérica y/o gráfica.
- Formación de una estructura de datos con los parámetros adquiridos (variables de interés)

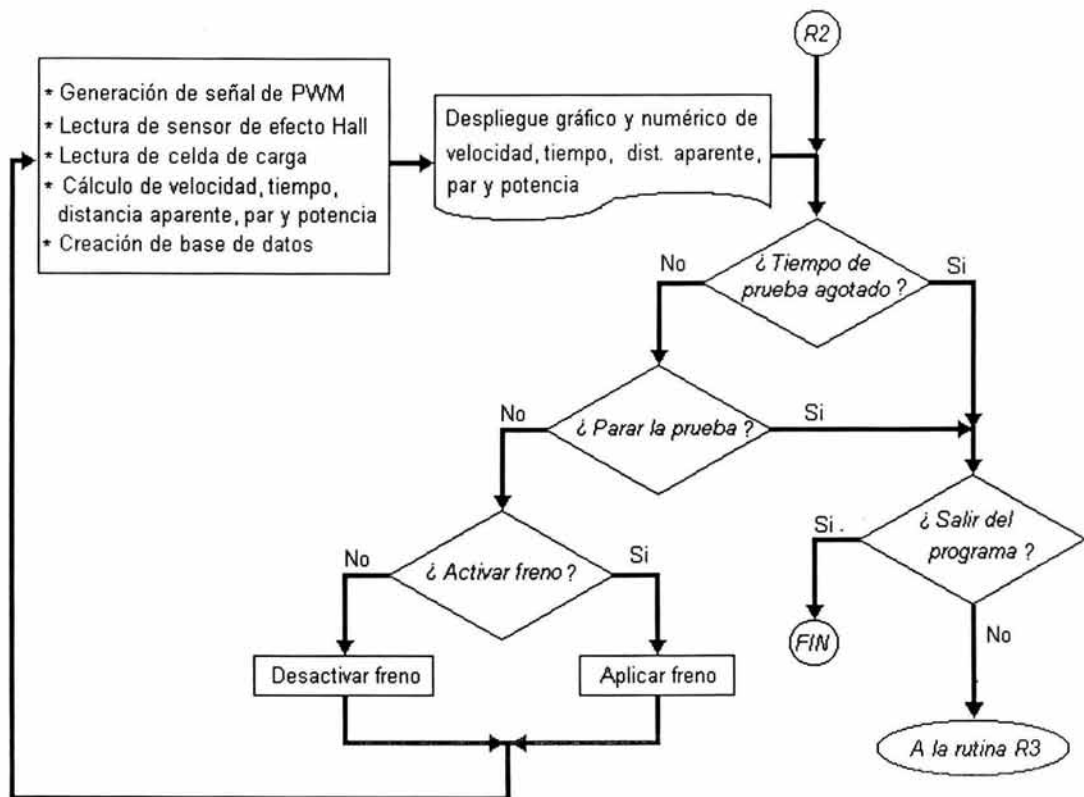


Fig. VI.24. Diagrama de flujo de la rutina "R2"

VI.2.3.1. La sub-rutina "READ"

Para hacer las mediciones de frecuencia de giro del rodillo del dinamómetro, la rutina R2 hace uso de un *subVI* denominado "READ" (fig.VI.25). que previamente se programó especialmente para este programa.

Para realizar la medición de la frecuencia de giro, el banco dinamométrico para motocicletas posee un tacómetro basado en un sensor de efecto Hall. El rodillo del dinamómetro tiene acoplado en uno de sus costados una serie de doce imanes, colocados de forma equidistante en su periferia. Todos los imanes tienen la misma orientación "norte-sur", de modo que los campos puedan ser detectados por un sensor de efecto Hall. De esta forma, el sensor registra una señal eléctrica de forma cuadrada con una frecuencia proporcional a la velocidad de giro del rodillo.

El principio que se utiliza para hacer mediciones de frecuencia de giro del rodillo consiste en hacer un conteo de pulsos provenientes del tacómetro durante un periodo de tiempo conocido. De esta forma se obtiene el número de giros del rodillo por unidad de tiempo.

El *subVI* "READ" es un programa independiente compuesto de cinco rutinas denominadas "R0R, R1R, R2R, R3R y R4R" respectivamente. Este *subVI* tiene tres salidas principales:

- ◆ *FREC1*: frecuencia de giro del rodillo en Hz.
- ◆ *D1*: número efectivo de pulsos registrados por el contador *B1*
- ◆ *TIEMPO*: tiempo efectivo transcurrido durante el conteo en segundos.

• La rutina "R0R"

La rutina *R0R* tiene la función de programar el estado inicial del contador *B1* que va a funcionar como medidor de frecuencia. En esta rutina se programa a este contador en "modo 1" (apéndice C, fig.C-6), para que sea gobernado por medio de la compuerta *GATB1*. En este modo de operación el valor contenido en los contadores es decrementado cuando una señal externa en alto excita su compuerta (*gate*). Por este motivo, en esta rutina se designa como valor inicial el valor máximo que el contador puede tener¹, para que vaya decrementándose cada vez que reciba un pulso en la compuerta de excitación.

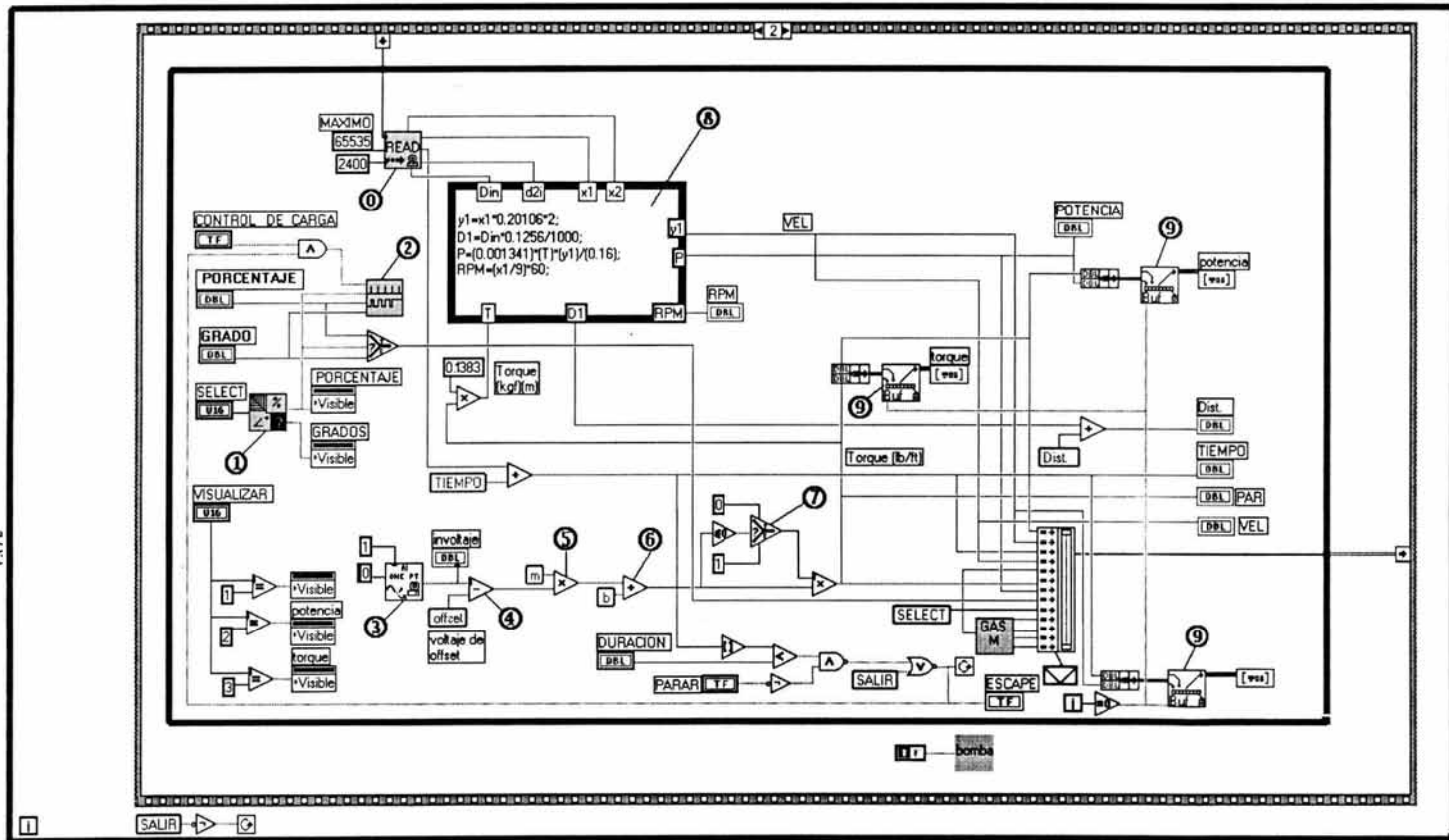
El diagrama de la rutina *R0R* puede apreciarse en el apéndice C (fig. C-6), nótese que cuando se programa bajo ambiente de este tipo el proceso de escritura *WR* es completamente transparente para el programador.

Físicamente se interconectan las terminales *GATB1* y *GATB2* con cualquier terminal del puerto A (*PA0 ~ PA7*), para que sean excitadas simultáneamente. Es necesario recordar que este puerto se configura como salida en la rutina *R1* del programa principal y por esta razón el *subVI* *READ* tiene como uno de sus parámetros de entrada el componente "*ID*", con el que el *subVI* identifica el puerto a utilizar.

• La rutina "R1R"

Durante la rutina *R1R* (apéndice C, fig.C-7), el programa toma como referencia de inicio de conteo el reloj de la computadora personal, simultáneamente pone en alto las terminales del puerto paralelo *PA* de la tarjeta de adquisición con el fin de excitar las compuerta *GATB1* para que se inicie el conteo de pulsos a través de las terminales *CLKB1*.

¹ Como el contador es de 16 bits, este valor máximo equivale a 65535.



- ⑥ VI "READ" lector de frecuencia de giro del rodillo
- ① VI "COMPA" selector de tipo de control de freno
- ② VI "PWM" modulador de ancho de pulso
- ③ VI "ANALOG INPUT" lector de voltaje de LabVIEW
- ☑ Proceso de estructuración de datos en un arreglo

- ④ Resta de la abscisa "offset"
- ⑤ Multiplicación por la pendiente "m"
- ⑥ Suma de la ordenada "b"
- ⑦ Delimitación para posibles señales negativas
- ⑧ Estructura "formula node"
- ⑨ Buffer de despliegue gráfico

Fig. VI.25. Diagrama de la rutina "R2".

- **La rutina "R2R"**

En la rutina *R2R* (apéndice C, fig.C-8), el programa espera un tiempo en milisegundos determinado por la variable "RETARDO". Esta variable es otro de los parámetros de entrada del *subVI READ* y no es otra cosa mas que el periodo de muestreo. Para contar el tiempo de espera se invoca un *VI* de la biblioteca estandar del software de desarrollo que se denomina *Wait*. El tiempo de espera es conocido para que pueda calcularse la frecuencia de pulsación de la terminal *CLKB*. El periodo de espera que se programa es de 2400 milisegundos y permite que el programa pueda hacer mediciones de señales con frecuencias que van desde los 3 Hz hasta los 26 kHz.

- **La rutina "R3R"**

Durante la rutina *R3R* el programa pone en bajo las terminales del puerto paralelo *PA* de la tarjeta de adquisición (apéndice C, fig.C-9). Así se deja de excitar la compuertas *GATB1* para que se detenga el conteo de pulsos a través de las terminales *CLKB0* y *CLKB1*. El programa toma como referencia de final de conteo el reloj de la computadora personal y obtiene el periodo efectivo del proceso de conteo. Para poder hacer esto el programa hace uso de un *VI* de la biblioteca estándar del software de desarrollo, denominado *Tick* (apéndice A).

- **La rutina "R4R"**

Posteriormente en la rutina *R4R* (apéndice C, fig.C-10) se hace la lectura del número de pulsos del contador (modo *6 de operación del mismo*) y lo divide entre el periodo de tiempo efectivo de conteo para obtener la frecuencia de la señales en las compuerta *CLKB1*. La forma de contar de este contador es decreciente, y para obtener el número efectivo de pulsos contados, se obtiene la diferencia entre el máximo número posible que puede contener el contador y el valor que éste posee después del conteo. El valor máximo posible que puede contener el contador constituye otra de las tres únicas variables de entrada del *subVI READ* y se denomina "MÁXIMO".

VI.2.3.2. La sub-rutina "COMPA"

Como se mencionó anteriormente, durante la ejecución de la rutina *R2* del programa principal se aplica la intensidad de freno que el usuario indique desde el panel de control. Independientemente del tipo de control que el usuario escoja durante la ejecución del programa, éste podrá manipular el ángulo de disparo de un arreglo de *SCR's (Signal Control Rectifiers)*, con el fin de modular la intensidad de la corriente eléctrica del estator del dinamómetro que tiene el banco de motos. De esta forma la información que el usuario

programe será procesada por otro subVI denominado *PWM (Pulse Wide Modulation)* que se encarga de generar una señal con la que se puede controlar el ángulo de disparo de los tiristores.

VI.2.3.3. La sub-rutina "*PWM*"

Para modular la intensidad de la corriente eléctrica en las bobinas que conforman el estator del dinamómetro, se utiliza la técnica de modulación de ancho de pulso *PWM* (Fig. VI.25[©]). Este subVI tiene como parámetros de entrada cuatro variables: "*SELECTOR*", "*PORCENTAJE*", "*GRADOS*" y "*ON/OFF*". La variable "*SELECTOR*" es de tipo booleano y está asociada al selector de control de intensidad de freno. Dependiendo de su estado, la sub-rutina *PWM* captura el valor de intensidad de freno que el usuario indique desde el panel de control, ya sea en modo de grados o de porcentaje. Las Variables "*PORCENTAJE*" y "*GRADOS*" poseen el valor numérico que el usuario programe como nivel de intensidad de freno desde el panel de control. Dependiendo de la posición de la variable "*SELECTOR*" este subVI procesará la información proveniente de la variable "*PORCENTAJE*" o la de "*GRADOS*".

La variable "*ON/OFF*" es de tipo booleano y se utiliza para que el usuario active o inhiba la señal de "*PWM*", durante la ejecución de este subVI desde el panel de control.

El subVI *PWM* está compuesto por una secuencia de dos rutinas denominadas *R1P* y *R2P*. Con el modulador de ancho de pulso, el sistema central de procesamiento es capaz de rectificar 45 V.A.C. de manera discreta, con una resolución de 0.01098 V.A.C./ división, por que se trata de un sistema de 12 bits.

♦ La rutina "*R1P*"

Para poder rectificar el suministro eléctrico de 45 V.A.C. el sistema de modulación de ancho de pulso se sincroniza con la frecuencia del suministro eléctrico para que el ángulo de disparo de los SCR's siempre sea el mismo. Para esta tarea se emplea un circuito detector de cruce por cero que le va a indicar al sistema por medio de un pulso, dónde se encuentra el ángulo cero del suministro eléctrico que servirá como ángulo de referencia.

La rutina *R1P* se dedica a monitorear el nivel lógico de voltaje proveniente del circuito detector de cruce por cero a través de la terminal # 22 (*PB0*) de la tarjeta de adquisición de datos, para compararla con cero; para esto se hace uso de la estructura denominada "*while loop*", con el fin de que no se ejecute la rutina *R2P* hasta que se detecte el cruce por cero. De esta forma el subVI "*PWM*" se sincroniza con el suministro eléctrico de corriente alterna (apéndice C, fig. C-11).

♦ La rutina "R2P"

Una vez detectada la señal de cruce por cero, se procede a ejecutar la rutina R2P. Ésta se encarga de generar una señal cuadrada capaz de variar su ciclo de trabajo dependiendo de la intensidad que el usuario indique desde el panel de control, manteniendo la sincronía con el suministro eléctrico de corriente alterna.

Para poder hacer esto la rutina hace uso del contador "B0" de la tarjeta de adquisición de datos. El contador se programa en "modo cero" para que empiece a contar en el momento en que el la compuerta "GATB0" se encuentre en alto (fig. VI.26). Esta compuerta se conecta físicamente a la terminal del circuito detector de cruce por cero, para que empiece a contar inmediatamente después de detectar un cruce por cero (apéndice C, fig. C-12). La señal generada por el contador "B0" tiene como salida la terminal # 41 de la tarjeta de adquisición de datos y se denomina "OUTB0" (en la figura VI.26, aparece simplemente como "OUT").

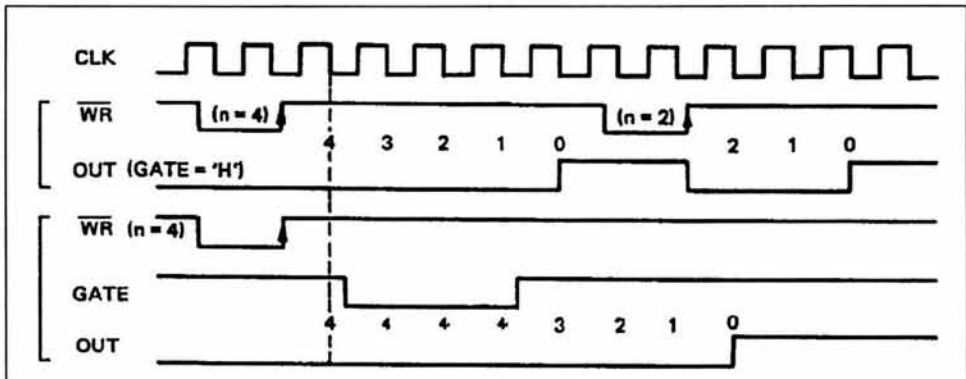


Fig. VI.26. Diagrama de tiempo en "modo 0" de los contadores del 82C53.

A pesar de que la frecuencia del suministro eléctrico es de 60Hz, en realidad el sistema opera con una frecuencia de 120 Hz, lo anterior es debido a la rectificación de onda completa. El contador "B0" posee una señal de reloj interna de 2MHz que utiliza como base de tiempo. Para cubrir un periodo completo de 180° con una duración $T=(1/[120\text{ Hz}])=8.33\text{mseg}$, el contador tiene que contar 16,660 pulsos del reloj interno de 2MHz, por que el periodo de duración de cada pulso de la base de tiempo es de $T_b=(1/[2\text{MHz}])=0.5\ \mu\text{seg}$.

Por esta razón esta rutina utiliza una estructura denominada "formula node", en la que se introducen fórmulas de manera textual, que en este caso sirven para adecuar las variables de entrada "PORCENTAJE" o "GRADOS", con el fin de generar el número de pulsos que el contador necesita contar para generar la señal de "PWM".

VI.2.4.4. La adquisición de la señal de par

La señal de par proveniente del transductor se conecta físicamente a la terminal # 1 de la tarjeta de adquisición de datos denominada "ACH0". La rutina puede adquirir el voltaje proveniente de ese canal haciendo uso de un *subVI* denominado "Analog Input" (fig.VI.25 ③) que posee la biblioteca del software de desarrollo. Mediante este *subVI*, el sistema puede conocer de manera cuantitativa la intensidad de la señal eléctrica de C.D., proveniente del sensor de par en unidades de voltaje. Para poder desplegar o manejar esta señal en unidades de par es necesario adecuarla. Debido a que el sensor de par tiene una respuesta lineal, para acondicionar la señal que proviene del mismo, basta conocer la recta que describe su comportamiento respecto a los diferentes niveles de par a los que sea expuesto.

Conociendo la pendiente, la ordenada al origen y la abscisa de dicha recta, ésta podrá expresarse como: $y=mx+b$, en donde "m" es la pendiente de la recta y "b" la ordenada al origen de la misma. Los valores de "m" y "b" se conocen después de calibrar el sensor y permiten al sistema expresar la señal adquirida en unidades de par (lb/ft). El valor de *offset* que se le resta a la señal proveniente del sensor (fig. VI.25 ④), sirve para fijar el nivel mínimo de interés de la recta como punto de referencia. Posteriormente se multiplica por el valor "m" de la pendiente (fig. VI.25 ⑤) y se adiciona con el valor "b" de la ordenada al origen (fig. VI.25 ⑥).

Finalmente la señal se acota en el nivel mínimo de interés multiplicándola por cero cuando sean medidos valores inferiores al punto de referencia (*offset*). De esta forma se evita que se procesen datos fuera del rango de interés, como números negativos (fig. VI.25 ⑦). Cuando por el contrario el valor de par es positivo, éste es multiplicado por la unidad para que sea procesado con su valor cuantitativo.

Debido a que posteriormente se necesita calcular la potencia del vehículo a partir de los valores de par en unidades (kgf • m), es necesario convertirlos multiplicándolos por una constante con un valor de 0.1383, ya que $1(\text{kg}\cdot\text{fm}) = 7.233 (\text{lb}\cdot\text{ft})$.

VI.2.3.5. Mediciones indirectas

Una de las tareas principales de la rutina R2 es la de hacer mediciones indirectas a partir de los datos adquiridos durante la prueba. Los parámetros medidos por el *subVI* "READ" y la señal de par se utilizan posteriormente para hacer mediciones indirectas de los siguientes parámetros:

- Velocidad del rodillo del dinamómetro.
- Distancia recorrida aparente.
- RPM del vehículo.
- Potencia del vehículo.

Con las frecuencias de cada rodillo el programa hace cálculos para medir indirectamente la velocidad de la motocicleta, las rpm's del rodillo del dinamómetro, la distancia aparente recorrida por la motocicleta y la potencia del mismo.

Dentro de una estructura "formula node" (Fig. VI.25 ®). se introducen textualmente las ecuaciones con las que se pueden obtener los valores indirectos.

De esta forma la primera ecuación sirve para calcular la velocidad del rodillo del dinamómetro (v_R), a partir de la frecuencia angular (ω_R) del mismo ($x1$) y del diámetro (D) del mismo. La velocidad del rodillo puede expresarse como:

$$V_R = \omega_R(D/2) \dots\dots\dots(ec.VI.1).$$

Lo que es igual a

$$V_R = \omega_R r \dots\dots\dots(ec.VI.2).$$

Donde r es el radio del rodillo (0.20m).

La frecuencia angular a su vez puede expresarse como :

$$\omega_R = 2\pi f_R \dots\dots\dots(ec.VI.3).$$

Donde f_R es la frecuencia del rodillo

Debido a que el tacómetro cuenta con 12 imanes y la señal es procesada por un divisor de frecuencia a la mitad, la frecuencia real del rodillo puede expresarse como:

$$f_R = f_{sensor}(1/12)(2) \dots\dots\dots(ec.VI.4).$$

Lo que es igual a

$$f_R = f_{sensor}(1/6)\dots\dots\dots(ec.VI.5).$$

De esta forma la velocidad angular del rodillo puede expresarse como:

$$\omega_R = 2\pi f_{sensor}(1/6) \dots\dots\dots(ec.VI.6).$$

Así la velocidad del rodillo se puede representar como:

$$V_R = 2\pi f_{\text{sensor}}(1/6) r \text{ [m/s]} \dots\dots\dots (\text{ec.VI.7}).$$

Substituyendo el valor de r:

$$2\pi f_{\text{sensor}}(1/6) r(3.6) \text{ [km/h]} \dots\dots\dots (\text{ec.VI.8}).$$

De modo que:

$$V_R = 2\pi f_{\text{sensor}}(1/6)(0.2)(3.6) \text{ [km/h]} \dots\dots(\text{ec.VI-9}).$$

Que equivale a:

$$2 f_{\text{sensor}}(0.37699) \text{ [km/h]} \dots\dots\dots(\text{ec.VI.10}).$$

A continuación se calcula la distancia aparente (D_A) recorrida el rodillo ($D1$), a partir del número de giros de los mismos (n_G) y de su perímetro (P_R):

$$P_R = 2\pi r = 2\pi(0.20) \dots\dots\dots(\text{ec.VI.11}).$$

Por lo que:

$$D_A = P_R n_G = P_R n_p(1/6) \dots\dots\dots(\text{ec.VI.12}).$$

Donde n_p es el número efectivo de pulsos que la tarjeta de adquisición recibe cuando un rodillo da un giro completo.

De esta forma la distancia aparente recorrida puede expresarse como:

$$D_A = 2\pi r n_p(1/6) \text{ [m]} \dots\dots\dots(\text{ec.VI.13}).$$

Que equivale a :

$$2\pi r n_p (1/6) (1/1000) [\text{ km }] \dots\dots\dots (\text{ec.VI.14}).$$

Es decir:

$$2\pi(0.20) n_p (1/6)(1/1000) \dots\dots\dots (\text{ec.VI.15}).$$

Que finalmente queda como:

$$D_A = n_p (0.000209439) \dots\dots\dots (\text{ec.VI.16}).$$

Posteriormente se calcula la potencia desarrollada por la motocicleta, a partir de los valores de par y de la velocidad del rodillo del dinamómetro. La señal de par la obtenemos después de adecuar la señal de entrada con los parámetros de calibración "m" y "b", y está representada en unidades de [lb •ft]. La señal de par se multiplica por un factor de 0.1383 para poderla expresar en unidades de [kgf •m].

Para calcular la potencia se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = T \omega_v \dots\dots\dots (\text{ec.VI.17}).$$

Donde:

- P = Potencia.
- T = par o torque.
- ω_v = Velocidad angular del vehículo.

Como en este caso $\omega_v = \omega_R$, se puede expresar :

$$\omega_v = 2\pi f_{\text{sensor}} (1/6) \dots\dots\dots (\text{ec.VI.18}).$$

De esta forma de la ecuación VI.2 ($V_R = \omega_R r$), se expresa como:

$$V_R = \omega_v r \dots\dots\dots (\text{ec.VI.19}).$$

Y se puede decir que:

$$P = T (V_R / r) \dots\dots\dots (\text{ec.VI.20}).$$

Donde T está en $[\text{kgf} \cdot \text{m}]$, V_R en $[\text{m/s}]$, r en $[\text{m}]$ y P en $[\text{kgf} \cdot \text{m/s}]$. De este modo la potencia puede expresarse como:

$$P=(0.001341)T(V_R/r) \dots\dots\dots (\text{ec.VI.21}).$$

Donde P está en $[\text{HP}]$.

Debido a que el radio del rodillo es de 20 centímetros, la ecuación final es la siguiente:

$$P=(0.001341)T(V_R/0.20) \dots\dots\dots (\text{ec.VI.22}).$$

Por último se obtiene las revoluciones por minuto del rodillo, a partir de la frecuencia de giro del mismo como sigue:

$$\text{rpm} = (f_{\text{Rodillo}} (1/6))(60) \dots\dots\dots (\text{ec.VI.23}).$$

VI.2.3.6. Estructura de datos (valores de interés)

Para formar una base de datos con los valores de interés en la rutina R2 se crea una estructura de datos (fig. VI.25 ☒). Ésta consiste en formar un arreglo de variables ordenadas con respecto al tiempo de captura de los mismos. Los datos son reunidos en una estructura que será procesada posteriormente por rutinas subsecuentes a la R2.

VI.2.4. LAS RUTINAS "R3" Y "R4"

La rutina R3 es la penúltima del programa y tiene una función básica: Impedir que el usuario pueda concluir el programa con la motocicleta en marcha. Durante la ejecución de la rutina R3 se desactiva la señal de freno, por que en esta etapa se deja de evaluar el desempeño de la motocicleta. Debido a que en esta rutina no existe ninguna prueba que interrumpir, el botón virtual denominado "PARAR" que se encuentra en el panel de control es inhibido (fig. VI.25.✱).

La última rutina -R4-, tiene como función guardar la información recabada durante la prueba. En el siguiente diagrama de flujo se puede apreciar la forma en que este proceso se lleva a cabo (fig. VI-27).

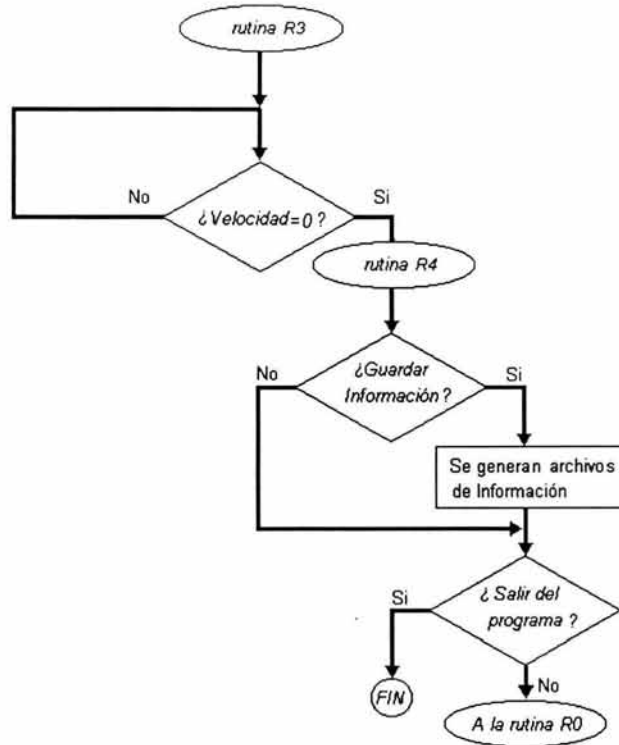


Fig.VI.27. Diagrama de flujo de las rutinas R3 y R4

Mediante la rutina R4 se crea una base de datos con la información adquirida en la rutina R2. La rutina R4 está compuesta por una secuencia de dos subrutinas denominadas S4-0 y S4-1

VI.2.4.1. Generación de un archivo de datos (subrutina "S4-0")

La sub-rutina "S4-0" esta dedicada a generar un archivo de texto que contenga los datos recabados durante el periodo de prueba. El nombre de dicho archivo puede ser asignado automáticamente si el usuario lo desea; de ser así, éste se designa bajo el siguiente formato:

ddmmaaT.nnn

- En donde
- dd : es el día en que se realiza la prueba.
 - mm: es el mes del año en que se realiza la prueba.
 - aa: es el año en que se realiza la prueba.
 - T: es un carácter "T" indicador de "tomo" o versión del documento generado.
 - nnn: se refiere a la versión de prueba (número de tomo) y corresponderá a la extensión del archivo.

Para hacer esto primero se convierte la variable numérica "CONT" a una cadena de caracteres de tres dígitos (fig. VI-28 ①). Esta variable contiene el número de veces que se han guardado los resultados de alguna prueba durante el día.

Posteriormente se genera una cadena de caracteres que contenga la información correspondiente a la fecha del día en que se realizó la prueba (fig. VI-28 ①).

Por este motivo es necesario utilizar el VI denominado "date and hour" de la biblioteca estándar del software de desarrollo, con la que se obtiene una cadena con el formato "dd/mm/aa" que es necesario descomponer para generar otra con el formato "ddmmaa" (sin divisiones "/"). En seguida se agrega el carácter "T." y la cadena generada a partir de la variable "CONT", para generar otra que tenga el formato "ddmmaaT.nnn"(fig. VI-28 ②).

Así al archivo que contenga los resultados de la primer prueba realizada un día "14 de agosto de 2004" se le asignará el nombre de "140804T.000", al archivo que contenga los resultados de la siguiente prueba de ese mismo día, se les asignará el nombre "140804T.001" y así sucesivamente. El sistema puede generar hasta 999 nombres diferentes en un día.

El nombre que el sistema genera para "bautizar" a un nuevo archivo es procesado por un VI denominado "file dilogue" (fig. VI-28 ③). Este VI interactúa con el usuario para confirmar si desea que se guarde la información recopilada durante la prueba. Cuando el usuario decide guardar dicha información en un archivo, tiene la oportunidad de cambiar el nombre que el programa le asignó por otro completamente personalizado. De esta forma si el usuario decide que no quiere que su archivo se llame "140898T.002" sino "Prueba_2.dat" puede hacer el cambio en la ventana de diálogo. Si por el contrario el usuario no desea guardar los datos recopilados en ningún archivo, sólo tiene que oprimir el botón virtual con la leyenda "CANCEL" de la ventana de diálogo.

Cuando el VI Crea un archivo para guardar los datos recopilados en la rutina R2, incrementa en uno, el valor de la variable "CONT" (fig. VI-28 ④). De esta forma se lleva un conteo del número de archivos que se han guardado en un día.

Posteriormente el archivo recién creado se abre para poder escribir en él mediante el uso del VI "open file" (fig. VI-28 ⑤). Enseguida se escribe en el archivo un encabezado de página que se

compone de dos renglones (fig. VI-28 ⑥). En el primer renglón se escriben los nombres de las variables que fueron monitoreadas durante la prueba, y en el segundo las unidades en que se expresan las mismas. Por último se escribe la información recopilada durante la prueba (fig. VI-28 ⑦) y se cierra el archivo (fig. VI-28 ⑧). Esto permite que al crear un archivo, se genere una base de datos a manera de columnas que puede ser accesada por otros programas como Lotus o Excel (tabla VI.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	TIEMPO	VELOCIDAD		CO2	CO	HC-PRO	HC-HEX	OXIGENO	NOx
2	[Seg]	[Kh/H]	[rpm]	[%]	[%]	[ppm]	[ppm]	[%]	[ppm]
3	1.01	41.805	554.455	0	0	0	0	0	0
4	2.013	42.097	558.325	1.04	0	0	388	18.66	5
5	3.016	42.097	558.325	1	0	0	375	18.75	4
6	4.019	6.766	89.731	1.04	0	0	425	18.82	3
7	5.022	6.014	79.761	1.25	1.191	0	490	18.74	3
8	6.025	11.276	149.551	1.69	1.514	0	490	18.2	4
9	7.027	15.802	209.581	1.88	1.726	0	408	17.65	5
10	8.043	17.068	226.378	1.9	1.74	0	328	17.14	2
11	9.046	16.538	219.342	1.94	1.76	0	297	16.85	0
12	10.048	17.307	229.541	1.96	1.686	0	273	16.7	0
13	11.051	18.793	249.252	1.96	1.577	0	275	16.59	1
14	12.054	24.055	319.043	1.97	1.39	0	298	16.64	7
15	13.057	30.069	398.804	2.1	1.167	0	283	16.71	13

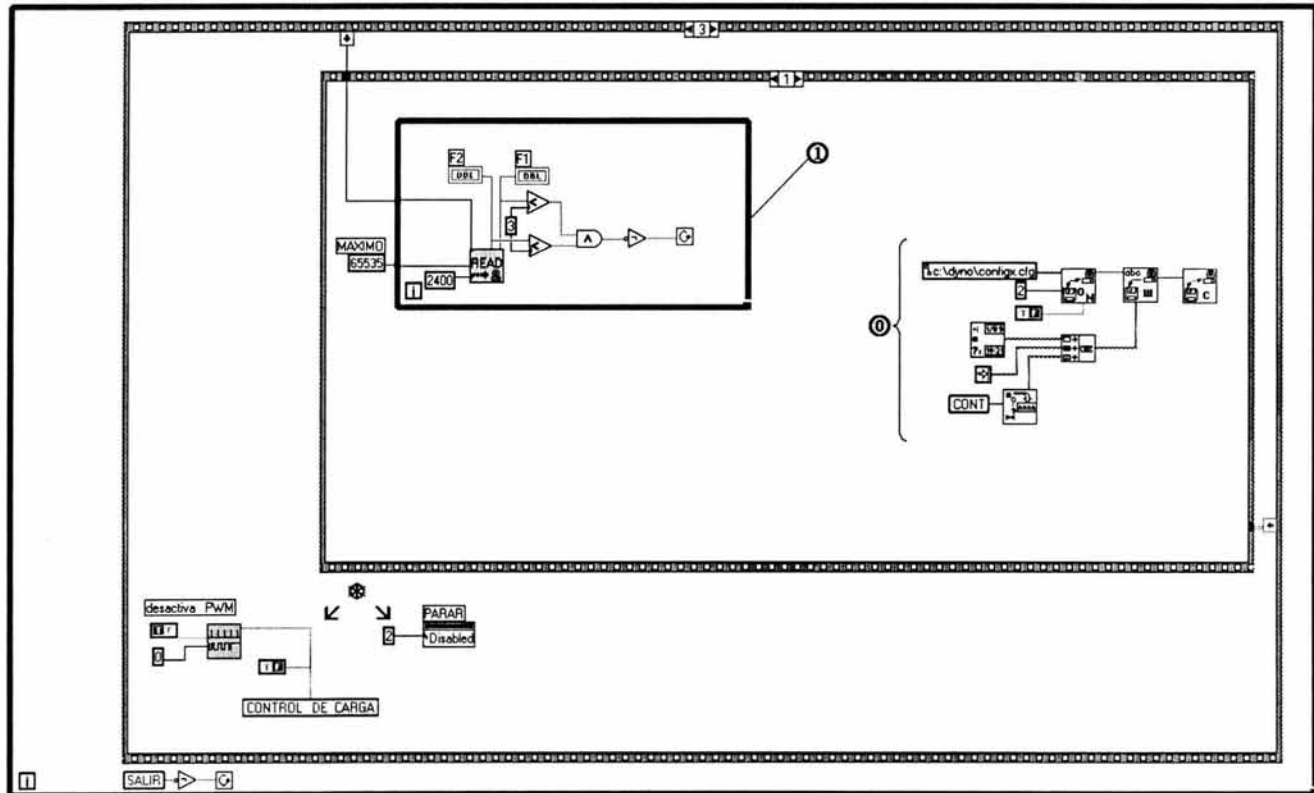
Tabla VI.1. Aspecto parcial de un archivo de datos que contiene los resultados de una prueba.

VI.2.4.2. La subrutina "S4-1"

Durante la ejecución de esta subrutina se guarda en el archivo "C:\dyno\configx.cfg" la información referente al día en que la prueba se efectuó y el número de pruebas que se han efectuado(variable "CONT") (fig. VI-28 ⑨).

También hace uso de una estructura "while loop" para monitorear la frecuencia de giro del rodillo del dinamómetro (fig. VI-28 ⑩). Esto permite que el sistema pueda saber el momento exacto en que la motocicleta se detiene. De esta forma el usuario no puede acceder el módulo para abrir o cerrar las mordazas que sujetan a la motocicleta cuando ésta se encuentra en movimiento. Esta etapa se diseñó con el fin de que pueda evitarse un accidente por descuido del usuario.

Cuando la motocicleta se detiene, el sistema queda desbloqueado y puede nuevamente ejecuta la siguiente etapa del programa. Si el usuario no desea hacer una nueva prueba o decide terminar una durante el tiempo de ejecución de la misma, sólo necesita oprimir el botón virtual que tiene la leyenda "SALIR" y el programa será abortado por completo.



- ① Guarda valor de variable "CONT"
- ① While loop (ciclo para monitorear velocidad del rodillo del dinamómetro)
- ⊗ Desactiva PWM y boton "PARAR"

Fig. VI.28. Diagrama de la rutina "R3"

VI.3 Documentación del programa

Como una medida de disciplina, se permite que los programas que se generen sean documentados por el programador, con el fin de hacer futuras revisiones, adecuaciones y modificaciones durante su mantenimiento. A diferencia de los lenguajes de programación de formato textual, documentar un programa en esta plataforma puede hacerse de dos formas diferentes.

Una forma de hacer esto consiste en ir añadiendo pequeños comentarios textuales directamente en el diagrama del programa, visibles durante todo el tiempo de programación y con posibilidad de imprimirlos junto con el mismo. También se puede documentar un programa con comentarios extensos, haciendo uso de un editor denominado "description editor" que el propio software tiene integrado exclusivamente para este menester (fig. VI.29).

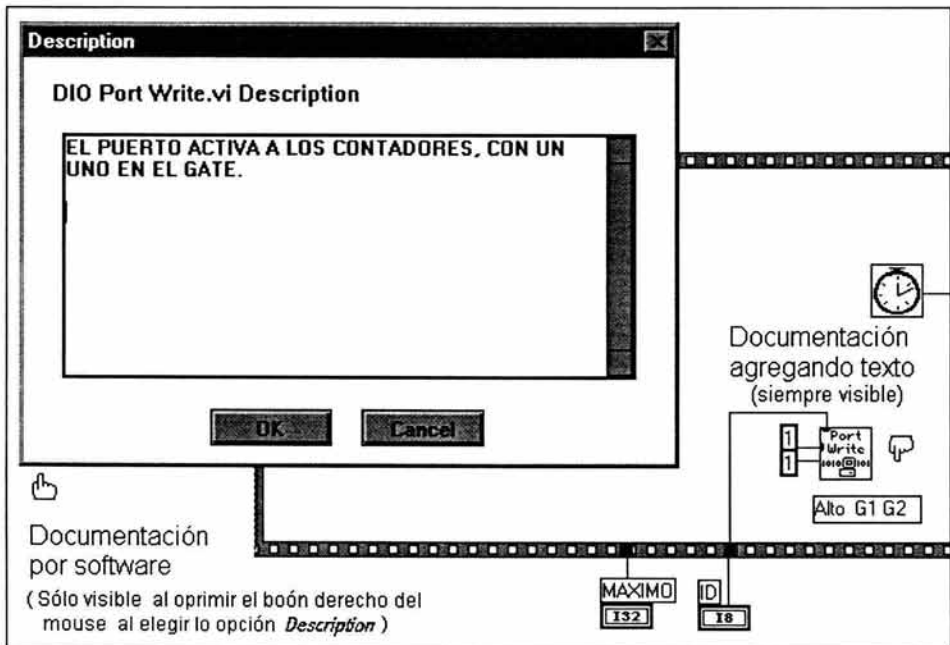


Fig.VI.29. Formas de documentar un programa.

Los comentarios por software sólo son visibles a través de ventanas especiales que el programador puede editar e invocar, haciendo uso del botón derecho del "ratón" de la computadora. Además no se pueden imprimir junto con el diagrama del programa ya que es necesario imprimirlos como archivos de texto de forma independiente. Para poder hacer un comentario de este tipo es necesario seleccionar con el "ratón" de la computadora un objeto del

programa. Los comentarios que se escriban en la ventana de texto competirán únicamente a la relación de ese objeto con el desempeño del programa.

VI.4 AYUDA EN PANTALLA

A diferencia de la documentación del diagrama de un programa generado con el software de desarrollo, los comentarios que se escriben en los objetos del panel de control pueden ser accedidos tanto por el programador como por el usuario. Esto permite que el programador pueda escribir en ellos la función que desempeña un control o un indicador en el panel de control de un instrumento virtual, de modo que un usuario cuente con una herramienta de ayuda desde el monitor del propio instrumento virtual. Para ello es necesario oprimir el botón de ayuda (HELP) y posicionar el "ratón" en el control o despliegue que se desee conocer. Para dejar de verlo sólo hay que oprimir la cruz de la esquina superior derecha de la ventana donde aparece el mensaje. (fig. VI-30).

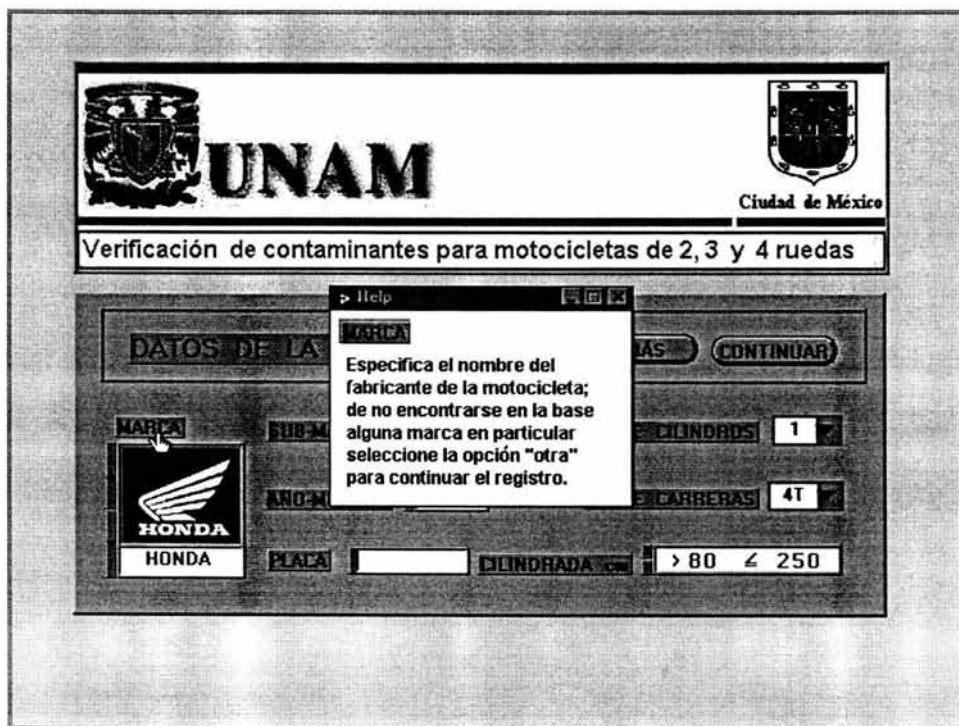


Fig. VI.30 Aspecto de la ayuda en pantalla.

En este capítulo se pudo ver con detalle cada una de las rutinas que conforman el software del sistema completo. Algunas de las rutinas resultan ser tan complejas que fue necesario hacer un apéndice especialmente dedicado a contener los diagramas complementarios de algunas de ellas. La tesis posee también un apéndice que contiene una colección de los VI que se utilizaron en el desarrollo de este programa y que son parte de la biblioteca estándar del software de desarrollo.

En el próximo capítulo se le expone al lector una serie de pruebas que se realizaron al sistema.

CAPÍTULO VII

INTEGRACIÓN Y PRUEBAS

En el presente capítulo el podrá conocer las diferentes pruebas que se hicieron a cada uno de los módulos que se desarrollaron y la forma en que se integraron para formar un solo sistema.

VII.1. Pruebas al sistema

Como el sistema fue diseñado de forma modular, las pruebas que se realizaron están descritas en los diferentes subsistemas que componen todo el equipo del banco dinamométrico para motocicletas.

- *Prueba del sistema para medir velocidad.* El sistema utilizado para medir velocidad fue probado primeramente con un generador de funciones, para conocer la frecuencia máxima que el sistema podía adquirir (fig. VII.1). Se pudo constatar que el rango de operación del medidor de frecuencia vía software va de 3Hz a 26kHz. Considerando que una motocicleta que alcance una velocidad de 200km/h genera una señal con una frecuencia menor a los 500Hz puede comprobarse que no existe ninguna restricción por parte del equipo para hacer esta medición.

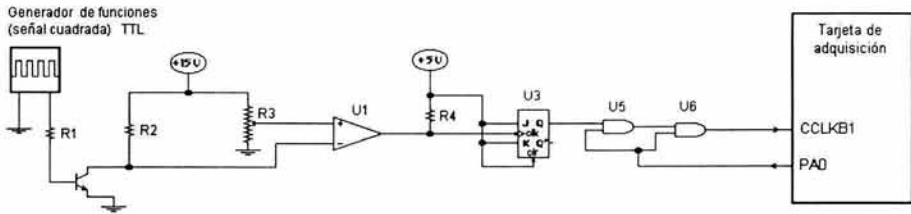


Fig. VII.1. Configuración utilizada para evaluar el módulo de velocidad

- **Prueba de la adquisición de la señal de par.** Para desarrollar esta prueba se utilizaron masas de calibración conocidas. Para hacer esta prueba se instaló el porta-pesas en la celda de carga del dinamómetro y se le fueron añadiendo pesas, la primera de 9.88 libras, la segunda de 4.75 libras y la tercera y última de 4,74 libras, como si se tratara de un proceso de calibración.

La señal proveniente de la celda de carga con la que el equipo cuenta no puede ser procesada directamente por la tarjeta de adquisición de datos, por lo que se requiere de una etapa adicional para adecuar la señal. Esto debido a que la variación de dicha señal es aproximadamente de un milivoltios por cada 35 libras de peso, pero afortunadamente no muy ruidosa como puede apreciarse en el diagrama de respuesta de la figura VII.2.

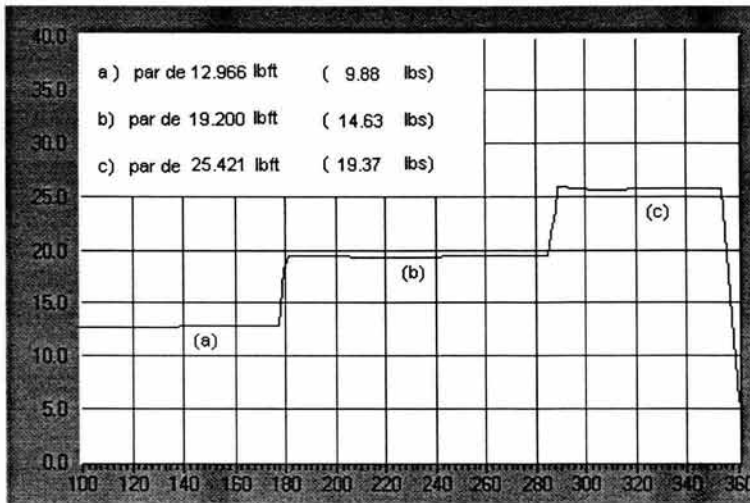


Fig. VII.2. Diagrama de la respuesta de PAR utilizando las pesas de calibración

- *Prueba del control de intensidad de freno.* El control de la intensidad de freno fue probado de la siguiente manera: Una vez que se corroboró que el programa podía generar correctamente una señal de PWM, sincronizada con la forma de onda del suministro eléctrico, se procedió a colocar una motocicleta en el banco dinamométrico para conocer la respuesta que la unidad de absorción de potencia tenía. De esta forma el vehículo montado sobre el rodillo del dinamómetro se hizo correr a una velocidad constante (alrededor de 40 km/h) sin que la PAU tuviera ninguna excitación; una vez que el vehículo logró mantener la velocidad constante, fue administrándosele un valor de corriente eléctrica correspondiente al 1% del total que puede aplicarse. Posteriormente este valor se incrementó de forma gradual mediante el control de intensidad del freno del panel de control. El resultado fue el siguiente: se encontró que la PAU posee un nivel de umbral a partir del cual empieza a frenar. Una vez sobrepasado este nivel (alrededor del 27% de la modulación PWM total) la PAU frena a la motocicleta proporcionalmente a la carga que se le aplique.
- *Prueba de la abrazadera.* El sistema encargado de sujetar la rueda delantera de la motocicleta sólo puede ser probado "in situ", debido a que se trata de una instalación mecánica empotrada en la estructura del banco. Los resultados de la prueba de funcionamiento fueron satisfactorios, considerando que esta parte del equipo si cumplía óptimamente con su función: permitir que la rueda delantera de la motocicleta se liberara o quedara atrapada entre los bordes de la abrazadera, cuando se daba la orden desde el panel de control de la computadora.
- *Prueba del analizador de gases.* El analizador fue probado en tres fases: la primera de ellas consistió en verificar que todos los componentes internos como banca analizadora de gases, válvula solenoide, bombas de aspiración y filtros funcionaran correctamente de acuerdo a la configuración en que se interconectaron. En la segunda etapa de la prueba se evaluó el software que controla al analizador, con el fin de corroborar que el sistema respondiera adecuadamente a los comandos que se le daban desde la PC. Por último se hicieron pruebas del analizador utilizando gases patrón para calibrar el equipo, con el fin de contar con un sistema confiable de medición de gases.

En cuanto al software se refiere, se pudo comprobar que cuando una prueba finaliza y el rodillo del dinamómetro continúa en movimiento, la abrazadera permanece cerrada, como medida de seguridad para evitar que sea activado por error. Pudo comprobarse también que al operador de la motocicleta no se le permite acceder a la ventana de control de las mordazas, cuando se detecta esta situación. Esto es de suma importancia para la seguridad de la persona que está manejando la motocicleta durante una prueba. Si el sistema permitiera que el operador del panel de control pudiera controlar libremente la abrazadera

durante una prueba, éste podría activarla por error, estando el vehículo en movimiento y provocar un accidente.

De igual forma se comprobó que los archivos generados en cada prueba tuvieran el formato adecuado (alineación de datos por columnas) y que la información ahí vertida fuera la que se generó durante la prueba.

VII.2. Protocolo de ensayos

Una vez que se probaron todos los módulos por separado, se procedió a ensamblarlos e interconectarlos unos a otros de modo funcionaran como un solo sistema. Una vez integrado el banco se procedió a definir un protocolo de ensayos, que debe seguirse para que el hardware opere correctamente. Algunas de las medidas aquí expuestas también tienen la finalidad de prevenir accidentes durante algún ensayo.

1. El banco se encontrará con la(s) rampa(s) colocada(s), las mordazas separadas y el husillo hasta el tope a efecto de proporcionar el mayor espacio de dicho banco. El operador ejecutará el programa para verificación de motocicletas de modo que pueda apreciarse en la pantalla el panel de presentación del mismo.
2. El operador subirá la motocicleta despacio pero con el motor embragado en la primera velocidad.
3. El operador colocará la rueda motriz encima del rodillo, pulsará el ratón para comandar el ajuste del husillo y el apriete de las mordazas. Personal técnico de apoyo ayudará al operador, ajustando los cinturones laterales para inmovilizar la motocicleta e iniciar los muestreos. Asimismo deberá accionar el ventilador con dirección hacia el motor de la motocicleta.
4. El operador arrancará el motor de la motocicleta con medios propios de ella. Sólo en caso de que se dificulte considerablemente, el mismo operador pondrá en operación el motor de arranque del banco; en este caso se pone en punto muerto la caja de velocidades de la motocicleta y el interruptor abierto, el rodillo arrastrará la rueda motriz de la motocicleta y ésta podrá arrancar sin problemas. Si en 2 intentos no es posible poner en marcha el motor de la motocicleta, tendrá que bajarse del banco y someterla a revisión mecánica para efectuar la verificación en otra ocasión.
5. El operador pulsará el botón "continuar" que aparece en el panel de presentación de verificación y aparecerá la siguiente ventana.
6. En la dicha ventana aparecen los espacios para escribir los datos del propietario, se anotarán nombre y domicilio, y después, el usuario pulsará nuevamente el botón "continuar".
7. Ahora aparece la ventana "datos de la prueba". Este se refiere al centro de verificación, certificado anterior, tipo de verificación, nombre o clave del operador, folio de la multa, folio de la prueba, y finalmente pulsar nuevamente "continuar".
8. El usuario debe capturar y seleccionar los datos de la motocicleta, marca, submarca, año – modelo matrícula, número de carreras, número de cilindros, desplazamiento (en cm^3) y pulsar "continuar". Asimismo el técnico de apoyo insertará la sonda del analizador en el escape de la motocicleta.

9. Con el motor en marcha y la caja de velocidades en punto muerto, el operador deberá pulsar el ratón para seleccionar en la ventana del menú, la opción que dice "medición de gases".
10. Aparecerá en la pantalla el ciclo de manejo que corresponde a la motocicleta a ensayar. Al pulsar el botón "empezar" el operador deberá seguir el cursor manipulando los controles de la motocicleta. Si el operador sale del intervalo permisible más de 4 veces se abortará la prueba y se reiniciará automáticamente el ciclo, apareciendo un mensaje en la pantalla para que el operador se entere. Estas 4 oportunidades que se dan para salir del intervalo no deben de exceder de 4 segundos, es decir, el operador deberá ser capaz de regresar en 4 segundos al intervalo permisible del ciclo, si no es así también se abortará la prueba. En caso de que la motocicleta tenga dificultades, por ejemplo, que se detenga el motor durante o al inicio de la prueba, aparecerá un botón de arranque en la pantalla que servirá para poner en marcha el motor de la motocicleta, con el motor de arranque del banco. En este caso, una vez superada esta dificultad, se deberá pulsar el botón "salir" para regresar al ciclo de manejo.
11. El programa ordenará al analizador tomar lecturas de los 5 gases (CO, CO₂, O₂, NOx, Y HC) en 3 tiempos distintos, los cuales se imprimirán como resultado de la prueba.
12. Al terminar el ciclo aparecerá una ventana con el nombre del archivo en el que se guardarán los datos de la prueba.
13. Nuevamente aparece una ventana preguntando si se imprimen los resultados, el usuario debe pulsar la opción " sí ".
14. Deberá apagarse el motor de la motocicleta y retirara la sonda del escape.
15. La siguiente ventana contiene los comandos para liberar a la motocicleta de las mordazas y del husillo.
16. Si se desea hacer pruebas en otra motocicleta se deberá pulsar el botón "continuar"; si se desea terminar las pruebas, se deberá pulsar el botón "terminar".
17. Se retirará la motocicleta del banco con el motor apagado y utilizando el freno de mano de la misma en el momento de bajarla por la rampa.

VII.3 Pruebas preliminares utilizando el sistema completo

A continuación se muestran los resultados obtenidos en una serie de pruebas preliminares que fueron hechas utilizando una motocicleta Honda modelo GC-125. Esta siguió el ciclo de manejo correspondiente a su cilindrada. La serie consistió en diez eventos en los cuales el sistema controló adecuadamente el analizador de gases y logró recabar una robusta base de datos de gran utilidad. El objetivo de esta prueba fue principalmente evaluar la funcionalidad del sistema en cuanto a efectividad de las mediciones y operatividad por parte del usuario.

Desde el punto de vista del operador, la prueba fue satisfactoria pues el software generado es sencillo de utilizar, lo que lo hace accesible a cualquier técnico previa capacitación.

En las gráficas que se presentan a continuación se muestran de forma simultánea algunas series de datos recabadas a partir de los diez experimentos de prueba. En realidad se tienen registro de mas de 50 eventos preliminares. Con el fin de hacer las gráficas más claras, se seleccionaron algunos de los eventos mas representativos de lo que el sistema completo es capaz de hacer.

Muchas pruebas preliminares no se reportan en esta tesis, pues parte del trabajo de interconexión de módulos generó mucha información que compete únicamente a pruebas de áreas del sistema por separado. Por mencionar un ejemplo, puede decirse que las primeras versiones de datos adquiridos únicamente presentaban los valores de las variables de torque, potencia, velocidad y rpm's. No fue sino en ensayos posteriores que le fue integrado el analizador de gases de modo que funcionara como un solo sistema.

La primer gráfica nos muestra el registro de velocidad de seis eventos, éstos se graficaron de forma superpuesta contra la gráfica correspondiente al ciclo de manejo que le corresponde a la motocicleta y que se identifica por ser la línea mas gruesa de la gráfica (fig. VII.3).

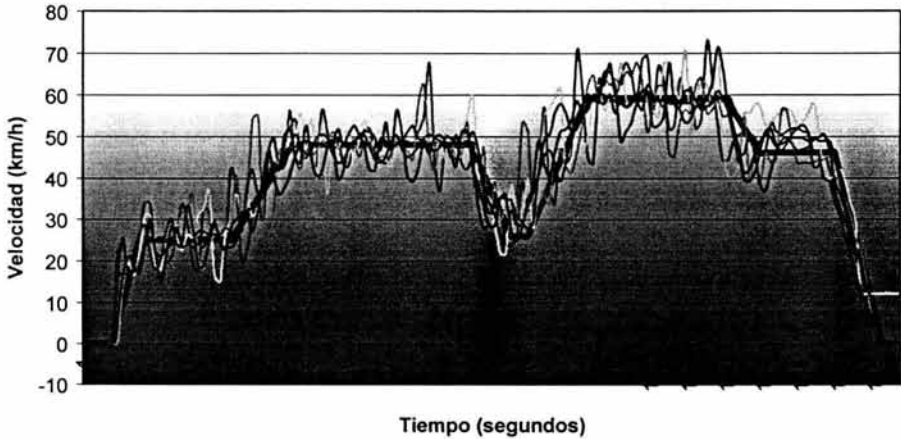


Fig.VII.3. Registro de velocidad de 6 eventos Vs ciclo de manejo de 125cm³.

En la gráfica anterior es relativamente fácil advertir la repetibilidad de los eventos a simple vista. Cabe señalar que el hecho de que la velocidad tenga un aspecto ruidoso es debido a que para el conductor siempre resulta muy difícil mantener una velocidad constante, toda vez que es materialmente imposible utilizando una motocicleta de este tipo.

Como se aprecia en la gráfica de velocidad, la colección de datos producto de un gran número de pruebas, es de gran utilidad para determinar el intervalo de tolerancia que el conductor debe guardar al seguir el ciclo de manejo. Esto permite garantizar que cada prueba se realiza dentro de un patrón estándar. Así mismo, es a través de estos datos que se puede determinar el número máximo de veces que el conductor puede salir fuera del área permisible, y el tiempo que le lleva volver a la ruta, sin que la prueba se considere inválida.

Después de innumerables pruebas, se determinó que un buen conductor era capaz de seguir el ciclo de manejo dentro de los límites permisibles del intervalo de confianza y reportar menos de cuatro salidas durante el periodo de prueba. Así mismo se pudo determinar que cuando un conductor se encontraba fuera del área permisible, era posible regresar a la ruta crítica permisible en menos de cinco segundos.

Por este motivo, cuando un conductor es incapaz de mantenerse dentro de los límites máximos y mínimos del ciclo de manejo, el programa aborta la prueba de forma automática con el fin de garantizar que los datos adquiridos referentes a emisiones contaminantes, correspondan a un evento en el que la motocicleta trabaje en el régimen del ciclo de manejo correspondiente y no en un evento que resulte considerablemente ajeno a lo que dicho ciclo representa.

A continuación se aprecia la imagen de cuatro registros de bióxido de carbono, producto de cuatro eventos diferentes (fig. VII.4). Estos fueron graficados de forma superpuesta, junto con el diagrama del ciclo de manejo que le corresponde a una motocicleta con una cilindrada de 125 cm^3 .

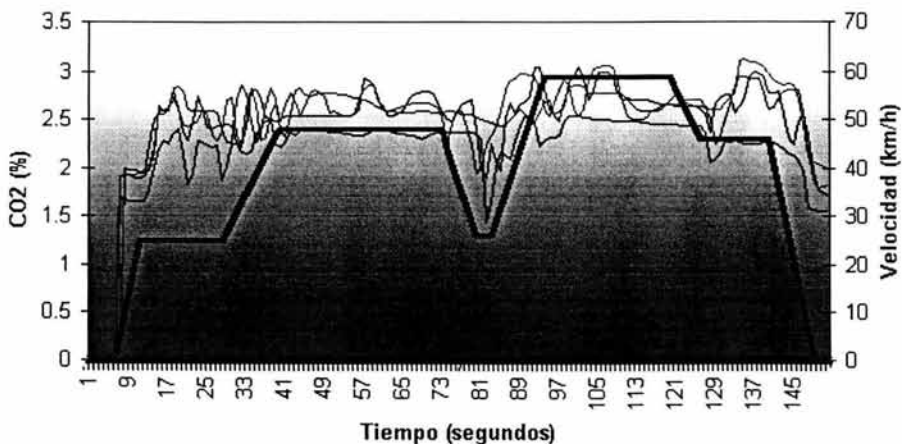


Fig.VII.4. Registro de CO_2 de 4 eventos Vs ciclo de manejo de 125 cm^3 .

Este tipo de gráficas permiten que pueda compararse el comportamiento de los gases de escape a cada momento con respecto a l régimen que dicta el ciclo de manejo.

La siguiente imagen muestra cuatro registros de monóxido de carbono, producto de cuatro eventos diferentes. Al igual que en la gráfica anterior, estos fueron graficados de forma superpuesta junto con el diagrama del ciclo de manejo que le corresponde a una motocicleta con una cilindrada de 125 cm^3 (fig. VII.5).

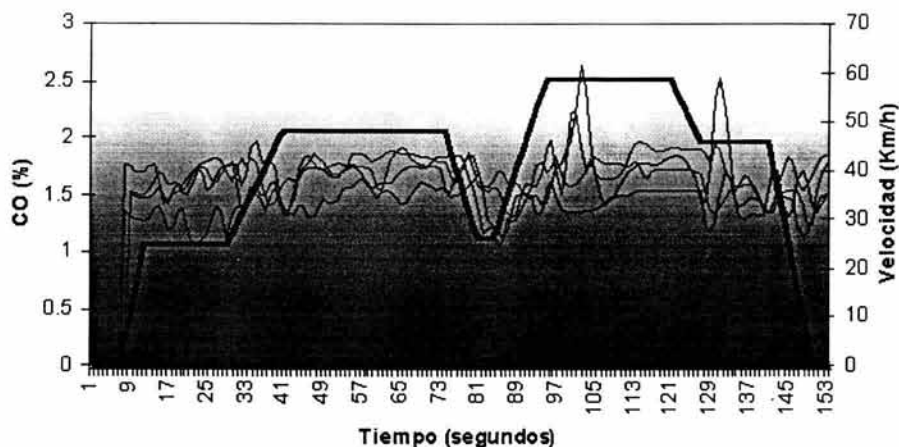


Fig.VII.5. Registro de CO de 4 eventos Vs ciclo de manejo de 125 cm^3 .

Puede apreciarse que existen varios puntos en donde el patrón de respuesta es semejante. Si bien es cierto que no coinciden exactamente, se debe principalmente a que como se ha mencionado anteriormente, el conductor de la motocicleta no puede seguir exactamente el mismo régimen en todos los casos.

La gráfica siguiente (fig.VII.6), corresponde a cuatro registros de hidrocarburos; al igual que los casos anteriores, éstos son producto de cuatro eventos diferentes, que se presentan de forma superpuesta al diagrama del ciclo de manejo que le corresponde a una motocicleta con una cilindrada de 125 cm^3 .

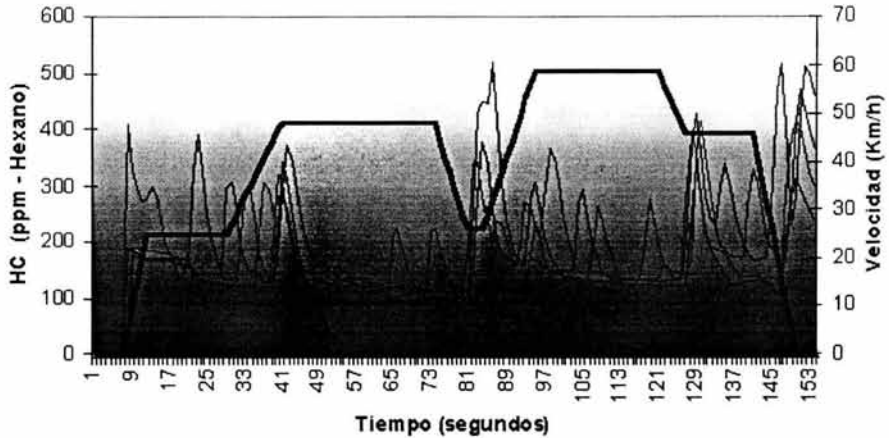


Fig.VII.6. Registro de HC de 4 eventos Vs ciclo de manejo de 125cm³.

La variación que se aprecia a simple vista en los muestreos de hidrocarburos forma parte de un espectro o intervalo que es característico para una motocicleta de 125 cm³. Para determinar los límites exactos de dicho intervalo es necesario hacer muchas pruebas que permitan formar un inventario de gases para cada tipo de motocicleta, en relación al tipo de ciclo de manejo que le corresponde.

Los hidrocarburos se despliegan en unidades ppm de hexano. Es importante mencionar esto, por que para calibrar los hidrocarburos se utilizan tanques de gas cuya composición en hidrocarburos se reporta como propano. Esta situación se debe a que los hidrocarburos que expela la motocicleta tiene una composición de hexano. Dado que este tipo de gases producto de la combustión no pueden envasarse para fines de calibración, se utilizan hidrocarburos con una estructura de propano cuya relación con el hexano es aproximadamente de 2.00:1.00.

En la siguiente imagen, (fig. VII.7), puede apreciarse a cuatro registros de oxígeno; como se ha mencionado anteriormente, éstos son producto de cuatro eventos diferentes que se presentan de forma superpuesta al diagrama del ciclo de manejo que le corresponde a una motocicleta, con una cilindrada de 125 cm³.

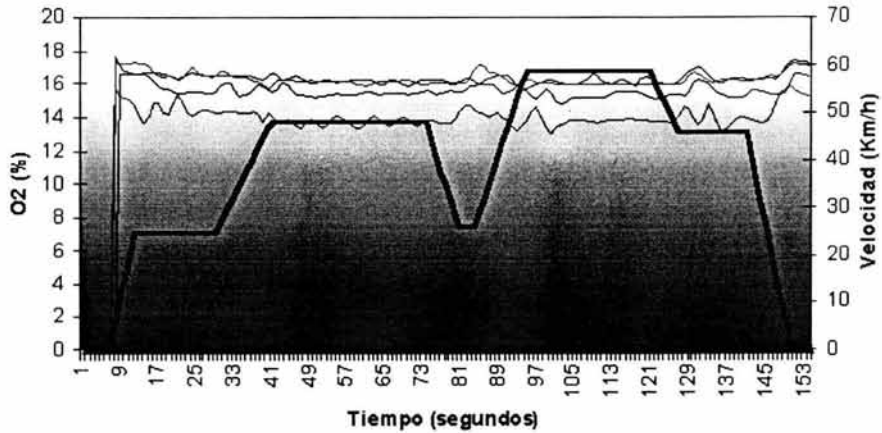


Fig.VII.7. Registro de oxígeno de 4 eventos Vs ciclo de manejo de 125cm³.

El oxígeno es una de las variables más importantes que se miden para evaluar gases de escape en motores de combustión interna. Dado que el principio de medición de las tres variables anteriormente descritas (HC, CO₂ y CO) es a través de una técnica que mide absorción de un rayo infrarrojo que pasa a través de una muestra, la banca hace un cálculo de ajuste para compensar las variables mencionadas con respecto al oxígeno. Así mismo, el oxígeno expelido por el motor de combustión interna permite determinar si la combustión ha sido óptima. Este ajuste es común en los analizadores de gases y por lo general se le denomina "ajuste de cero".

Si el ajuste de cero no se hace adecuadamente, el resto de las mediciones arrastrarán un error por causa de la lectura del oxígeno. No es raro pues, encontrar niveles diferentes de concentraciones después de hacer una operación de "ajuste de cero". Cuando la combustión óptima no sucede, se suelen crear fuertes concentraciones de CO y CO₂ y NO_x que son altamente tóxicas. En estas pruebas es relativamente fácil darse cuenta de esta situación.

Por último se presenta la gráfica correspondiente a cuatro registros de óxidos de nitrógeno (NO_x). Como se ha mencionado anteriormente, éstos son producto de cuatro eventos diferentes, que se presentan de forma superpuesta al diagrama del ciclo de manejo que le corresponde a una motocicleta con una cilindrada de 125 cm³.

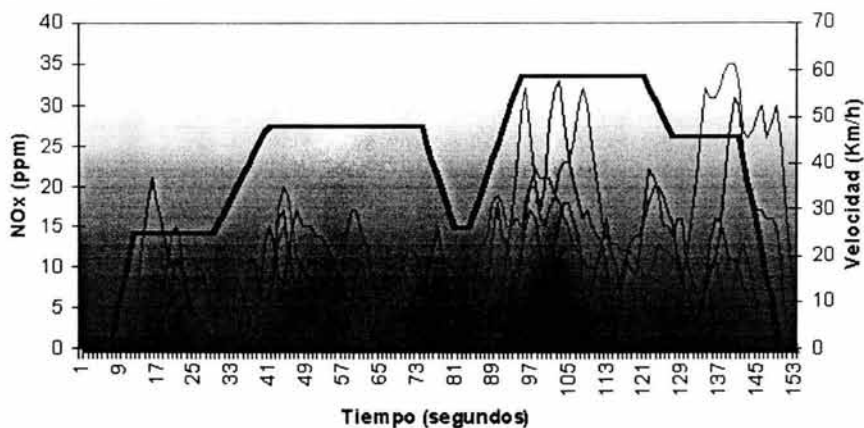


Fig.VII.8. Registro de NO_x de 4 eventos Vs ciclo de manejo de 125cm^3

Al igual que el oxígeno, los óxidos de nitrógeno se miden por medio de sensores electro-químicos que se comportan como baterías.

En todas las variables mencionadas, el ensayo de motocicletas permite que se generen sendas bases de datos con la información muestreada. Dicha información debe ser procesada posteriormente mediante diversos algoritmos estadísticos, con el fin de corroborar diferentes hipótesis que describen su comportamiento.

Finalmente, debe mencionarse que la tarea de ensayos debe practicarse con la misma frecuencia con la que salen al mercado nuevos modelos con cilindradas diferentes a las que se muestran en la tabla 1, del capítulo II; o bien cuando se modifican los ciclos de manejo (es necesario recordar nuevamente que éstos caducan con el tiempo por que son característicos de un tipo de vehículo en especial, en una zona en particular de una ciudad específica, en una temporada determinada).

CONCLUSIONES

Con el afán de contribuir al mejoramiento de la calidad del aire del Valle de México, la Universidad Nacional Autónoma de México a través de la Facultad de Ingeniería y con apoyo del Instituto de Ingeniería participaron en el desarrollo del equipo necesario para evaluar las emisiones contaminantes de motocicletas. De esta forma se buscó participar activamente en el desarrollo tecnológico para que el Gobierno del Distrito Federal cuente con la infraestructura y equipos necesarios para la generación de la Norma Oficial Mexicana de emisiones contaminantes en dicho tipo de vehículos.

Con base en lo anterior puede mencionarse que el equipo diseñado cumplió de manera satisfactoria los requerimientos que fueron establecidos de común acuerdo entre el Gobierno del Distrito Federal y la Universidad Nacional Autónoma de México. De esta forma la UNAM contribuye una vez mas de manera importante con la independencia tecnológica de nuestro país.

Refiriéndose al equipo diseñado se pueden mencionar las siguientes conclusiones obtenidas desde el punto de vista técnico:

- El uso del software de desarrollo permitió que el proceso de instrumentación se facilitara considerablemente, porque como es un programa orientado a objetos, el software desarrollado se simplifica de forma modular, permitiendo dividir un problema complejo en otros más sencillos.

- A pesar de que el sistema desarrollado es para operarse manualmente (en cuanto a duración de la prueba e intensidad de carga), el *software* de desarrollo permite que sean creados otros programas diferentes que puedan manejar el mismo hardware con las mismas señales pero de forma automática. Esto es muy importante porque permite desarrollar software adecuado para hacer pruebas particulares, que suministren automáticamente algún valor específico de carga bajo ciertas condiciones. De esta forma se puede generar en un futuro una serie de programas para uso dedicado que utilice el mismo hardware.
- La generación de archivos de texto con los resultados de las pruebas representan una gran ayuda que permite capturar información clara y ordenada, que pueda procesarse después, ya sea para generar una base de datos o para hacer análisis estadístico del comportamiento de la misma.
- Los diferentes módulos que forman parte de este sistema no son indispensables para toda prueba. Esto significa que no es necesario que todos los módulos se encuentren funcionando a la vez. El ejemplo más claro es el módulo de análisis de gases, ya que un banco dinamométrico no siempre se utiliza para evaluar los gases de escape.
- El sistema modular es escalable por lo que se pueden agregar otros módulos que complementen al sistema. De esa forma se puede hacer un sistema mas robusto y poderoso.
- La integración de un analizador de gases utilizando una configuración propia permite que no se dependa por completo de los equipos similares que se venden en el extranjero.

Bibliografía

- [1] ANTONIO MANUEL LÁZARO.
LabVIEW Programación gráfica para el control de Instrumentación
Ed. Paraninfo / Thomson editores
1era edición. Madrid España 1997.

- [2] BIRD & KING.
An introduction to power electronics
Ed. JOHN WILLEY & SONS / 1era edición
USA 1984.

- [3] JAMES T.HUMPHRIES, LESLIE P.SHEETS.
Industrial electronics
Ed. Delmar Publishers INC® / 1era edición
USA 1989.

- [4] JOHN B.HEYWOOD.
Internal combustion engine fundamentals
McGraw Hill 1988.

- [5] R.K.SUGANDHI, K.K.SUGHANDI.
Tiristores conceptos y aplicaciones
Ed. LIMUSA / 1era edición
MEXICO 1994.

- [6] WILLIAM D.COOPER, ALBERT D. HELFRICK .
Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición
Ed. Prentice Hall / Primera edición en español
México 1991.

- [7] GALEN W. EWING.
Instrumental methods of chemical analysis
Ed. Mc Graw Hill International Editions- Chemistry Series-/ quinta edición.
Singapur 1993.
- [8] ANTONIO GARRIDO GONZÁLEZ, PABLO ORTEGA VILLACLASRAS Y DOMINGO BIEL SOLÉ
Sistemas de adquisición y procesamiento de datos
Ed. Paraninfo /Madrid, España 1996.
- [9] Facultad de Ingeniería
Órgano informativo quincenal, FI-UNAM, No-81, 16 de mayo de 1998.
- [10] Manual Técnico de LabVIEW®
Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990.
- [11] Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®
Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990.
- [12] Manual Técnico de la banca analizadora de gases 6600
Propiedad editorial de ANDROS ® USA 1995.
- [13] JEFF ANDERSON.
Different Kinds of Dynamometers and Power Absortion Units
Propiedad literaria de Dyne Sistemas Cía. LLC.
Revisado: 23 de marzo de 1997.
- [14] RINCÓN GÓMEZ PEDRO IGNACIO.
Instrumentación del dinamómetro de chasis del laboratorio de control de emisiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.
Tesis (Licenciado en ingeniería electrónica y de comunicaciones)
Universidad Iberoamericana, Depto Ingenierías, Santa Fe, 1999.
- [15] RINCÓN GÓMEZ RODRIGO ALBERTO.
Ensayos preliminares para homologación de motocicletas de 2 y 4 tiempos.
Tesis (Maestro en Ingeniería -Mecánica-)
Universidad Nacional Autónoma de México - DGEP-FI, CU, 1997.
- [16] RINCÓN GÓMEZ RODRIGO ALBERTO.
Modelado de tráfico urbano con diferentes densidades de flujo.
Tesis (Doctor en Ingeniería -Mecánica-)
Universidad Nacional Autónoma de México - DGEP-FI , CU, 2001.

Referencia de imágenes

	Pag.
I.1 Aspecto general del Laboratorio de Control de Emisiones.....	2
Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
II.1 Aspecto típico de un banco de motos	11
L. Santiago C, R. González O, P.I. Rincón G. <i>"Instrumentación del Banco Dinamométrico para motocicletas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM"</i> . Memoria del XV congreso de la Sociedad Mexicana de Instrumentación (SOMI/IMEKO) octubre de 2000 en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco.	
II.2 Elementos básicos de un dinamómetro	12
Rincón Gómez Pedro Ignacio. <i>Instrumentación del dinamómetro de chasis del laboratorio de control de emisiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM</i> . Tesis (Licenciado en ingeniería electrónica y de comunicaciones) Universidad Iberoamericana, 1999.	
II.3 Dinamómetro en funcionamiento.....	13
Rincón Gómez Pedro Ignacio. <i>Instrumentación del dinamómetro de chasis del laboratorio de control de emisiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM</i> . Tesis (Licenciado en ingeniería electrónica y de comunicaciones) Universidad Iberoamericana, 1999.	
II.4 Esquema ideal de la instalación de una PAU hidráulica.....	14
Rincón Gómez Pedro Ignacio. <i>Instrumentación del dinamómetro de chasis del laboratorio de control de emisiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM</i> . Tesis (Licenciado en ingeniería electrónica y de comunicaciones) Universidad Iberoamericana, 1999.	

II.5	Elementos de una PAU de corrientes de eddy.....	15
	<i>Rincón Gómez Pedro Ignacio. <u>Instrumentación del dinamómetro de chasis del laboratorio de control de emisiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.</u> Tesis (Licenciado en ingeniería electrónica y de comunicaciones) Universidad Iberoamericana, 1999.</i>	
II.6	La PAU de histéresis.....	17
	<i>Rincón Gómez Pedro Ignacio. <u>Instrumentación del dinamómetro de chasis del laboratorio de control de emisiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.</u> Tesis (Licenciado en ingeniería electrónica y de comunicaciones) Universidad Iberoamericana, 1999.</i>	
II.7	PAU de C.D. manufacturada por <i>General Electric</i> ®.....	18
	<i>Rincón Gómez Pedro Ignacio. <u>Instrumentación del dinamómetro de chasis del laboratorio de control de emisiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.</u> Tesis (Licenciado en ingeniería electrónica y de comunicaciones) Universidad Iberoamericana, 1999.</i>	
II.8	Banco marca <i>Tecner</i> ®.	21
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
II.9	Banco de ensayos para motocicletas marca <i>Borghi & Saveri</i> ®.....	22
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
II.10	Banco de ensayos marca <i>Superflow</i> ®.	23
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
II.11	Banco de ensayos marca <i>Marco</i> ®.....	24
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
II.12	Banco de ensayos marca <i>Dinojet</i> ®.....	25
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
III.1	Diagrama esquemático de la tarjeta de adquisición.....	29
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.2	Interface de entrada y salida con la P.C.	30
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.3	Sistema de adquisición de datos	31
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.4	Ejemplo del proceso de adquisición de señales analógicas	32
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	

III.5	Sistema de temporizadores/contadores en la TAD	33
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.6	Sistema de control de los convertidores digital/Analógico	34
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.7	Menú de controles numéricos	38
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.8	Proceso de cableado "cableado" virtual	38
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.9	Símbolos para diferentes tipos de datos	40
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.10	Representación de estructuras de datos	41
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.11	Estructuras programables	42
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.12	Uso de la estructura FORMULA NODE	43
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
III.13	Atributos Nodales	44
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
IV.1	Módulos que conforman el sistema completo.....	47
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
IV.2	Tarjetas de adquisición de datos	48
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
IV.3	Aspecto del gabinete y circuitos de acondicionamiento de señales	49
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	

IV.4	Aspecto de la calibración del módulo para medir el par	49
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
IV.5	Detalle de la abrazadera de la rueda delantera de la motocicleta.....	50
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
IV.6	Detalle del motor de arranque (detrás de la flecha).....	50
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
IV.7	Aspecto de la unidad de absorción de potencia.....	51
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
IV.8	Detalle del tacómetro (Imanes y sensor de Hall)	52
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
IV.9	Analizador de gases integrado por miembros del LCE.....	52
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
V.1	Sistema completo en operación.....	56
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
V.2	Estructura mecánica del banco.....	57
	Dibujo en autocad que forma parte del acervo de información del LCE-FI-UNAM 2000	
V.3	Mordazas de sujeción	58
	Dibujo en autocad que forma parte del acervo de información del LCE-FI-UNAM 2000	
V.4	Diagrama del motor de arranque.....	59
	Dibujo que forma parte del acervo de información del LCE-FI-UNAM 2000	
V.5	Estructura mecánica del estator de la PAU.....	60
	Dibujo en autocad que forma parte del acervo de información del LCE-FI-UNAM 2000	
V.6	Estructura mecánica de la Unidad de Absorción de Potencia	60
	Dibujo en autocad que forma parte del acervo de información del LCE-FI-UNAM 2000	
V.7	Diagrama del rodillo.....	61
	Dibujo en autocad que forma parte del acervo de información del LCE-FI-UNAM 2000	
V.8	Flecha o eje del rodillo	61
	Dibujo en autocad que forma parte del acervo de información del LCE-FI-UNAM 2000	
V.9	Amplificador de Instrumentación básico	62
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	

V.10	Polarización del sensor de efecto Hall.....	64
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
V.10	Puente rectificador	65
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
V.11	Operación del puente de tiristores	66
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
V.12	Formas de onda del controlador de intensidad de freno.....	68
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
V.13	Circuito detector de cruce por cero.....	69
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
V.15	Arreglo "H" para los motores de C.D. del sistema de mordazas	70
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
V.16	Módulo de control del motor de arranque	70
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
V.17	Circuito cargador de batería	71
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
V.18	Elementos que conforman el sistema analizador de gases.....	72
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
V.19	Banca analizadora de gases marca ANDROS ®.....	73
	<i>Manual Técnico de la banca analizadora de gases 6600</i> Propiedad editorial de ANDROS ® USA 1995.	
VI.1	Diagrama de flujo general del sistema	77
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
VI.2	Aspecto del despliegue de un ciclo de manejo.....	78
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.3	Aspecto del panel de entrada	79
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.4	Aspecto del control virtual del carro y las mordazas del sistema.....	80
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.5	Aspecto de la ventana para capturar los datos del dueño de la motocicleta	81
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	

VI.6	Aspecto de la ventana para capturar los datos de la prueba	82
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.7	Aspecto de la ventana para capturar los datos de la motocicleta	83
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.8	Aspecto de la ventana del autocero	83
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.9	Despliegue de un ciclo de manejo durante una prueba	84
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.10	Advertencia desplegada para accionar el motor de arranque	85
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.11	Mensaje de notificación de prueba inválida.....	85
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.12	Diagrama de flujo de la rutina "R0"	87
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
VI.13	Diagrama de Lab-VIEW de la rutina "R0"	88
	Imagen capturada en pantalla del software original LCE-FI- UNAM 2000	
VI.14	Despliegue de la fecha de la última calibración al iniciar el programa.....	89
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.15	Proceso de autocalibración	90
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
VI.16	Juego de pesas de calibración y porta pesas	90
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
VI.17	Aspecto del dinamómetro durante la calibración estática	91
	Fotografía que forma parte del acervo fotográfico del LCE-FI-UNAM 2000	
VI.18	Proceso de autocalibración (Pantalla del primer paso)	92
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.19	Pantalla cuando el proceso de autocalibración es abortado	93
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	

VI.20	Proceso para activar y desactivar el freno	95
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.21	Selector de intensidad de freno	95
	Imagen capturada en pantalla del software original LCE-FI- UNAM 2000	
VI.22	Diagrama de flujo de la rutina "R1"	96
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
VI.23	Diagrama de Lab-VIEW de la rutina "R1"	98
	Imagen capturada en pantalla del software original LCE-FI- UNAM 2000	
VI.24	Diagrama de flujo de la rutina "R2"	100
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
VI.25	Diagrama de Lab-VIEW de la rutina "R2"	102
	Imagen capturada en pantalla del software original LCE-FI- UNAM 2000	
VI.26	Diagrama de tiempo en "modo 0" de los contadores del 82C53.....	105
	<i>Manual Técnico de la TAD "Lab-PC+" de National Instruments®</i> Propiedad editorial de National Instruments ® USA 1990	
VI.27	Diagrama de flujo de la rutina "R3 y R4"	111
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
VI.24	Diagrama de Lab-VIEW de la rutina "R3"	114
	Imagen capturada en pantalla del software original LCE-FI- UNAM 2000	
VI.25	Formas de documentar un programa en Lab-VIEW®	115
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VI.26	Aspecto de la ayuda en pantalla.....	116
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VII-1	Configuración utilizada para evaluar el módulo de velocidad.....	119
	Dibujo en Microsoft-paint diseñado por el autor para este trabajo	
VII-2	Diagrama de la respuesta de PAR utilizando las pesas de calibración.....	119
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VII-3	Registro de velocidad de 6 eventos Vs ciclo de manejo de 125cm ³	123
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	

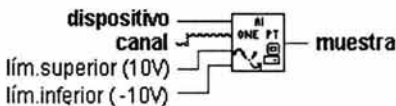
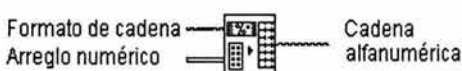
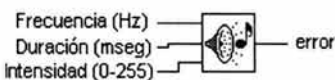
VII-4	Registro de CO ₂ de 4 eventos Vs ciclo de manejo de 125cm ³	124
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VII-5	Registro de CO de 4 eventos Vs ciclo de manejo de 125cm ³	125
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VII-6	Registro de HC de 4 eventos Vs ciclo de manejo de 125cm ³	126
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VII-7	Registro de O ₂ de 4 eventos Vs ciclo de manejo de 125cm ³	127
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	
VII-8	Registro de NO _x de 4 eventos Vs ciclo de manejo de 125cm ³	128
	Imagen capturada en pantalla durante una prueba realizada en situ LCE-FI- UNAM 2000	

TABLAS

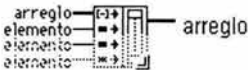
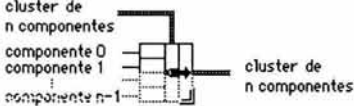
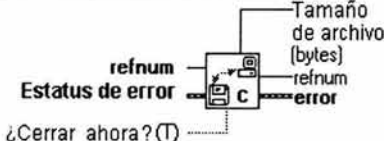
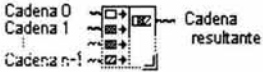
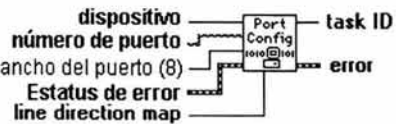
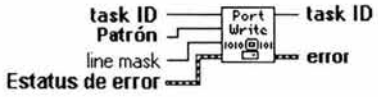
Tabla II-1	Clasificación de motocicletas de la ZMVM.....	19
Tabla VI-1	Aspecto parcial de un archivo de datos que contiene los resultados de una prueba	113

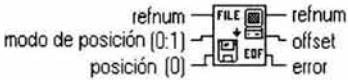
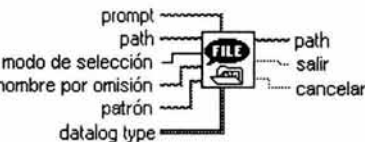
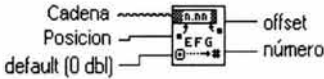
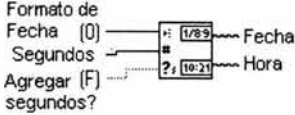
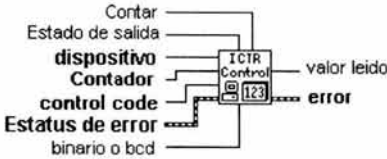
APENDICE "A" INSTRUMENTOS VIRTUALES DE LABVIEW

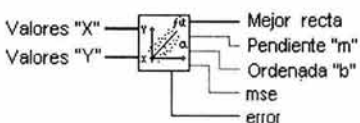
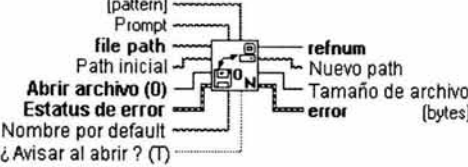
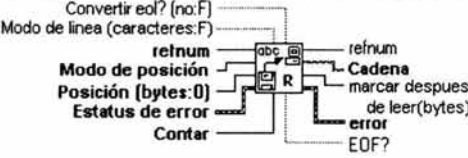
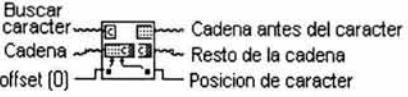
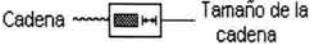
En este apéndice se presenta una lista de los VI's y algunas funciones¹ que se utilizaron en el diseño del programa, todos pertenecen a la biblioteca estándar de LabVIEW®. En la mayoría de las aplicaciones únicamente es necesario hacer las conexiones que se despliegan en negrita.

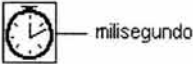
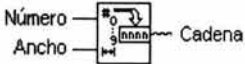
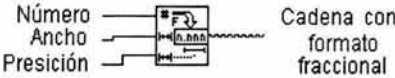
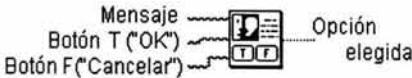

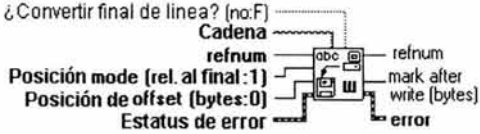
ICONO REPRESENTATIVO	DESCRIPCION
	<p>Analog Input.vi</p> <p>Este VI se encarga de adquirir una señal analógica proveniente de una terminal de la tarjeta de adquisición de datos. El término "dispositivo" sirve para identificar la tarjeta de adquisición que se está utilizando, ya que pueden haber más de una instalada. "Canal" define la terminal de entrada que se desea adquirir. También se aprecia el rango que utiliza el ADC (límite sup. e inf.).</p>
	<p>Array to Spreadsheet String</p> <p>Mediante esta función se puede convertir un arreglo numérico en su equivalente en formato de cadena de caracteres. El término "formato" sirve para especificar si el número es decimal, hexadecimal, <i>fraccional</i>, <i>cientific</i> o <i>string</i>.</p>
	<p>Beep.vi</p> <p>Es un VI que hace que la P.C. emita un sonido momentáneo cuando es invocado. Los valores que tiene de entrada sólo funcionan con Macintosh. Si se usa una P.C. se ignoran las entradas "Frecuencia", "Duración" e "Intensidad".</p>

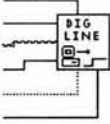
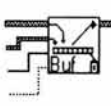
¹ Las funciones lógicas (and, or, etc) y aritméticas (+,-,x, etc) se omitieron debido a su simplicidad con el fin de hacer este documento más compacto.

	<p style="text-align: center;">Build Array</p> <p>Esta función se utiliza para hacer un arreglo de datos de dimensión "N", puede tener como parámetro de entrada un arreglo.</p>
	<p style="text-align: center;">Bundle</p> <p>Función que ensambla los componentes de entrada para formar un <i>cluster</i>. Acepta como entrada otro <i>cluster</i> y/o datos de diferente tipo.</p>
	<p style="text-align: center;">Close File+.vi</p> <p>Cierra un archivo referenciado por la variable "refnum". Por omisión el archivo se cierra en cuanto este VI es invocado.</p>
	<p style="text-align: center;">Concatenate Strings</p> <p>Esta función se utiliza para concatenar dos o más cadenas de caracteres en el orden en que se introduzcan. Como salida tiene una cadena resultante de dichas uniones.</p>
	<p style="text-align: center;">DIO Port Config.vi</p> <p>Sirve para configurar un puerto paralelo de la tarjeta de adquisición de datos. Tiene como salida un parámetro denominado Task ID, que contiene la información del formato de configuración de un puerto determinado.</p>
	<p style="text-align: center;">DIO Port Write.vi</p> <p>Escribe en el puerto indicado por "ID" el valor establecido como entrada en "patrón".</p>

	<p style="text-align: center;">EOF</p> <p>Función que devuelve la posición del final de un archivo, relativo al modo que se desee:</p> <p>Modo de posición:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 < relativo al inicio del archivo 1 < relativo al final del archivo 2 < relativo a la posición actual
	<p style="text-align: center;">File Dialog</p> <p>Función que despliega una ventana de diálogo con la que se puede seleccionar un archivo o directorio. El modo de selección es como sigue:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 < Selecciona un archivo existente 1 < Selecciona un nuevo archivo 2 < Selecciona un archivo nuevo o existente 3 < Selecciona un directorio existente 4 < Selecciona un nuevo directorio 5 < Selecciona un directorio nuevo o existente
	<p style="text-align: center;">From Exponential/Frac/Eng</p> <p>Esta función interpreta caracteres (0-9,+,-,.,e,E y periodo) en una cadena de caracteres para generar un número equivalente de punto flotante, en formato exponencial o fraccional.</p>
	<p style="text-align: center;">Get Date/Time String</p> <p>Función que entrega los valores de fecha y hora en dos cadenas independientes. La fecha puede entregarla en formato numérico, escrito explícito o escrito abreviado. La hora puede entregarla con segundos.</p>
	<p style="text-align: center;">ICTRControl.vi</p> <p>Sirve para programar los contadores de la tarjeta de adquisición de datos que se encuentren disponibles para el usuario. Los modos que se pueden programar los contadores de la TAD son los del contador OKI82C53.</p> <p>El termino "valor leído" contiene la información de la configuración del contador según los datos de entrada.</p>

	<p style="text-align: center;">Linear Fit</p> <p>Esta función hace un análisis de regresión lineal para encontrar la mejor recta que describan los puntos de entrada. Tiene como salida "F=mX+b" donde F es la mejor recta X: es la secuencia de entradas "X" m: es la pendiente de la recta resultante</p>
	<p style="text-align: center;">Open/Create/Replace File.vi</p> <p>Sirve para abrir un archivo existente, crear un archivo nuevo o reemplazar un archivo existente, dependiendo del nombre indicado en "prompt".</p>
	<p style="text-align: center;">Read File.vi</p> <p>Lee el archivo referenciado por la variable "refnum" a partir de la posición que se indique en la entrada "posición".</p>
	<p style="text-align: center;">Split String.vi</p> <p>Busca un carácter en una cadena y si lo encuentra divide la cadena en dos partes, la primera contiene la cadena antes de que aparezca el carácter y la segunda el resto de la cadena original. Si no encuentra el carácter la "Posición de carácter" entrega un valor de(-1)</p>
	<p style="text-align: center;">String Length</p> <p>Función que devuelve el número de caracteres que posee la cadena especificada. También puede usarse como entrada un cluster o un arreglo.</p>

	<p style="text-align: center;">Tick Count (ms)</p> <p>Función que regresa el número de milisegundos que transcurren desde que es invocado. Puede contar hasta $(2^{32}-1)$ milisegundos.</p>
	<p style="text-align: center;">To Decimal</p> <p>Convierte un número decimal en su equivalente de cadena de caracteres. El número tiene que ser escalar. Si el número es fraccional esta función lo redondea.</p>
	<p style="text-align: center;">To Fractional</p> <p>Convierte una variable numérica en su equivalente en formato de cadena de caracteres. El término "ancho" indica el número de dígitos que tendrá la cadena, mientras que "precisión" indica el número de <u>caracteres fraccionarios</u>.</p>
	<p style="text-align: center;">Two Button Dialog</p> <p>Función que despliega una ventana de diálogo que contiene un mensaje y dos botones virtuales. El mensaje del botón "T" por omisión es "OK", mientras que el del botón "F" es "Cancel". Tiene como salida la opción elegida durante su uso.</p>
	<p style="text-align: center;">Wait (ms)</p> <p>Función que espera un número especificado de milisegundos y regresa el milisegundo actual. La resolución del temporizador depende del sistema.</p>
	<p style="text-align: center;">Write File+ (String).vi</p> <p>Escribe una cadena de caracteres en un archivo de texto. Por omisión los datos se guardan hasta el final del archivo EOF. Si detecta un error durante este proceso no se escribe nada en el archivo especificado.</p>

<p>ancho del puerto (8) dispositivo número de puerto línea estado de línea interacción (0: inicia)</p> 	<p>Write to Digital Line.vi</p> <p>Sirve para escribir en una terminal particular de un puerto paralelo especificado como salida. De esta forma se puede escribir un nivel alto o bajo en una terminal particular del mismo.</p>
<p>Puntos nuevos Punto nuevo largo de la gráfica Borrar al inicio</p>  <p>Datos en formato gráfico XY</p>	<p>XY Chart Buffer.vi</p> <p>Es una memoria de datos que tiene como entrada un <i>cluster</i> "Puntos nuevos", convierte la información que tiene en formato gráfico.</p>

APENDICE B

CONCEPTOS SOBRE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA Y MOTOCICLETAS .

La potencia de un motor es el trabajo que éste puede desarrollar a plena carga durante un segundo de tiempo. La potencia se expresa en kilogramos metro sobre segundo, o mas generalmente en caballos de fuerza, caballos de vapor o watts. Como es sabido, un caballo de vapor equivale a 75 kilogramos metro sobre segundo. Un motor de 10 caballos de vapor podría elevar (mediante una cuerda arrollada sobre el árbol del mismo) un peso de 750 kg a la altura de un metro en un segundo.

Existen varios procedimientos para medir la potencia de un motor. El principio en que se fundan consiste en transformar el trabajo desarrollado por el motor en otro trabajo fácilmente medible, o bien en equilibrar el par motor de aquél mediante otro par del cual se conozca la intensidad.

El diagrama de la potencia de un motor se complementa frecuentemente con la curva del par.

El par, también llamado torque, es el momento de torsión a que está sometido el cigüeñal para desarrollar la potencia a las diferentes velocidades. El conocimiento de estos momentos de torsión es imprescindible para calcular los esfuerzos soportados por los órganos del motor.

Cuando se hacen mediciones de potencia a un motor de combustión interna, es indispensable considerar la temperatura y la presión atmosférica, ya que tienen mucha influencia en el comportamiento del mismo. No es raro observar cómo se debilita la potencia de un motor en las regiones montañosas, hasta el punto de hacer dudar su buen funcionamiento. Lo mismo ocurre en el periodo canicular; el motor pierde elasticidad, y la conducción se hace fatigosa. Para darse cuenta de la caída fatigosa de potencia existe una ecuación que se utiliza para hacer correcciones cuando se mide potencia:

$$P = \frac{B}{760} \sqrt{\frac{288}{273+t}} \cdot P_e$$

En la cual

B= Presión barométrica

t = Temperatura en grados centígrados

P= Potencia real a la temperatura t y presión B.

P_e= Potencia efectiva medida.

A 760 mm de presión y 15 grados centígrados de temperatura , la corrección es nula y P= P_e.

En el lenguaje corriente se emplea con mucha frecuencia la palabra rendimiento, pero con acepciones muy distintas: unas veces es sinónima de potencia, otras de potencia específica. En realidad el verdadero significado de rendimiento de un motor es la relación entre el trabajo producido por el motor y el trabajo que se le ha suministrado en forma de combustible.

Se denomina curva característica de un motor, a la gráfica que expresa la relación entre la potencia y el número de revoluciones por minuto del motor. Para poder medir en todo momento la potencia del motor es preciso frenarlo una vez puesto en marcha. Utilizando un tacómetro adecuado aplicado preferentemente contra el eje de giro del motor, permitirá saber en cualquier instante su velocidad.

Girando el motor a determinada velocidad V_1 , la potencia correspondiente tendrá otro valor bien determinado P_1 . Si se hace una colección de muestras para diferentes valores de velocidad se puede hacer una gráfica que se denomina curva característica del motor.

El estudio de la característica de un motor permite deducir algunas de sus cualidades. Por regla general la forma indicada de estas curvas es como la que se muestra a continuación (fig.B-1).

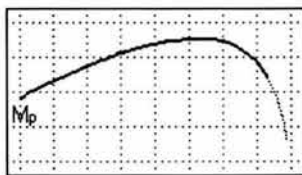


Fig. B-1. Curva típica del par de un motor.

Esta principia en un cierto punto denominado M_p , que corresponde a la velocidad mínima a que puede girar el motor estando cargado, es decir soportando un freno.

Al aumentar la velocidad aumenta también la potencia; la característica sigue al principio una trayectoria casi rectilínea, que luego abandona, aumentando cada vez más la curvatura. La potencia es máxima para un determinado valor de la velocidad, a la que se le denomina régimen de velocidad del motor.

Si se acelera la marcha del motor, la potencia decrece, primero lentamente y luego cada vez más aprisa, hasta que finalmente llega un momento en que el motor produce el trabajo justo para vencer las resistencias pasivas: la potencia disponible es entonces cero. Es prácticamente imposible

determinar la característica hasta ese límite, ya que el motor no podría resistir las fuerzas de inercia engendradas por tan elevada velocidad de rotación.

El análisis de la característica de un motor permite conocer entre qué límites de velocidad puede girar el motor. Una característica que al principio asciende casi en línea recta, indica que la potencia es proporcional a la velocidad en toda esta región. El par motor y la potencia por revolución se mantienen, pues, constantes. De ello se deduce que el suministro de combustible esta bien y que los orificios de las válvulas son suficientes y que la cilindrada es completa.

Interesa pues, que la característica tenga un trazo suave entre límites, lo más amplios posible (fig. B-2 a); el motor tiene entonces una gran potencia específica y por regla general, en buen funcionamiento.

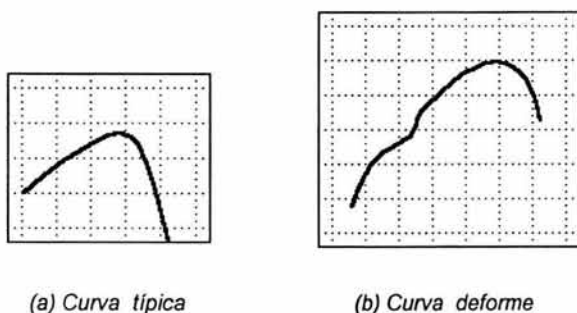


Fig. B-2. Formas que puede tener una curva de par.

Es también importante saber a qué velocidad desarrolla el motor su máxima potencia. Si esta velocidad es elevada, estamos en el mismo caso que antes: el motor que tiene un buen suministro de combustible. Además se puede asegurar que todos los cilindros funcionan bien, ya que de no ser así las trepidaciones generadas por las grandes velocidades de rotación absorberían pronto el trabajo disponible. De manera análoga, la velocidad correspondiente al punto donde termina la característica será tanto mayor cuanto mejor suministro de combustible tenga siempre que todos los cilindros funcionen correctamente.

Es importante recordar que para obtener la característica de un motor es indispensable que el carburador esté perfectamente regulado para todas las velocidades y que el encendido tenga el avance conveniente, pues de lo contrario la característica del motor quedaría muy rebajada, a pesar de que el motor se encuentre en buenas condiciones.

En la práctica cuando se hace una de estas pruebas a un motor, se procura siempre que la velocidad de éste sea próxima a la de régimen, para mantenerlo a una potencia cercana a su valor máximo.

Si la curva posee forma puntiaguda (Fig. B-3), el motor tendrá poca elasticidad. Esto significa que por poco que se separe de su velocidad de régimen, la potencia variará entre límites muy amplios. La potencia específica, por el contrario, aumentará en general, sobre todo si la curva es casi rectilínea en su parte ascendente. Esto sucede en motores de automóviles de competición o deportivos especiales, ya que se aceleran con gran facilidad, en cuanto el esfuerzo que han de vencer es solamente un poco inferior a la potencia disponible.

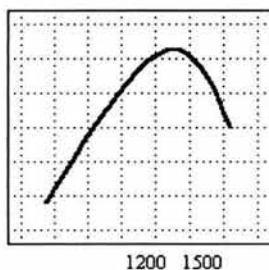


Fig. B-3. Curva de Par de un motor con poca elasticidad.

Estos motores se denominan *forzados* o *nerviosos* y se detienen muy fácilmente si se les deja aminorar la marcha, al exigirles una potencia excesiva para su velocidad. En manos de expertos dan muy buenos resultados, no ocurre lo mismo si están mal manejados. Si por el contrario la curva característica se mantiene plana, presentando una débil curvatura en su máximo, el motor tendrá unas cualidades y unos defectos completamente contrarios a los de antes. Será muy elástico es decir, la potencia se mantendrá casi constante entre límites muy amplios de velocidad (fig. B-4). En cambio su potencia específica será siempre pequeña.

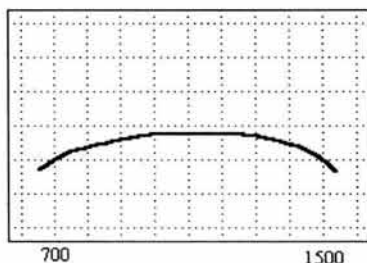


Fig. B-4. Curva de Par de un motor ELASTICO.

MOTOCICLETAS DE 2 Y 4 TIEMPOS

La característica fundamental que diferencia los motores de dos y cuatro tiempos es el número de carreras de trabajo por vuelta del cigüeñal. El motor de 4 tiempos desarrolla una carrera de trabajo por cada 2 vueltas del cigüeñal, mientras que el de 2 tiempos desarrolla una carrera de trabajo por cada vuelta del cigüeñal. En realidad ambos operan con la misma secuencia, es decir: admisión, compresión, combustión, expansión y escape; sin embargo, en el motor de 2 tiempos estos procesos no ocupan 4 carreras del émbolo sino únicamente dos.

Hay que señalar que el motor de 2T trabaja en condiciones más críticas que el de 4T. El pistón del motor de 2T, a igualdad de régimen de giro, está sujeto a una mayor temperatura de funcionamiento, debido a que el número de procesos de combustión es el doble en el mismo tiempo. La bujía está más solicitada térmicamente, debiendo suministrar doble número de chispas, en un tiempo dado, que la bujía de un 4T.

Teóricamente y a igualdad de cilindrada, el motor de 2T debe proporcionar doble potencia que el de 4T, debido a que para un régimen de giro dado el número de carreras de trabajo es el doble. Esto no es cierto en la práctica ya que, debido al propio funcionamiento del motor, el tiempo que tiene disponible para efectuar las distintas fases es mucho menor, con lo que el escape y posterior llenado son mucho más imperfectos que un motor de 4T, reduciéndose en consecuencia el valor de presión media efectiva y su rendimiento. No obstante lo comentado hasta aquí, a igualdad de cilindrada, el motor de 2T es capaz, en general, de desarrollar mayor potencia que el de 4T.

Por otra parte, es importante hacer notar la gran sencillez del motor de 2T frente al de 4T por tener menos elementos mecánicos y por ende, resulta ser menos costos y respecto a su mantenimiento, más económico.

Tratando de explicar brevemente su funcionamiento, se tiene que decir que el llenado del cilindro se efectúa con la lumbrera de escape abierta y que esta última cierra después que la de admisión. Se entiende que es muy difícil controlar que la mezcla fresca no salga en mayor o en menor cantidad por la lumbrera de escape, fenómeno que recibe el nombre de corto circuito, y que repercute de forma directa en el aumento del consumo específico y de emisión de hidrocarburos sin quemar, además de otros gases tóxicos como CO, NOx, SOx, aldehidos, cetonas, ácidos carbónicos, etc.

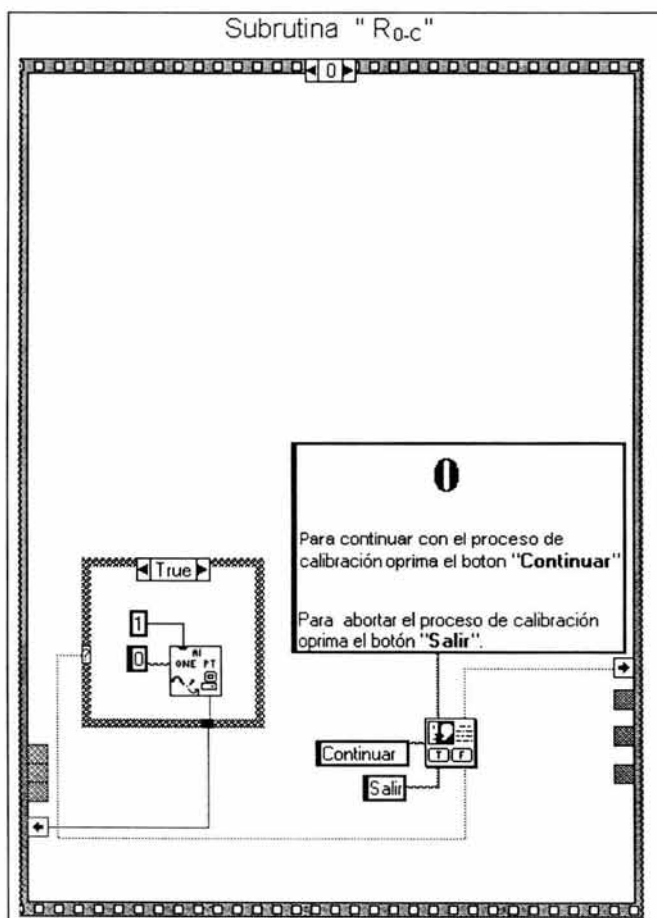


Fig. C-1. Primer paso del proceso de calibración.

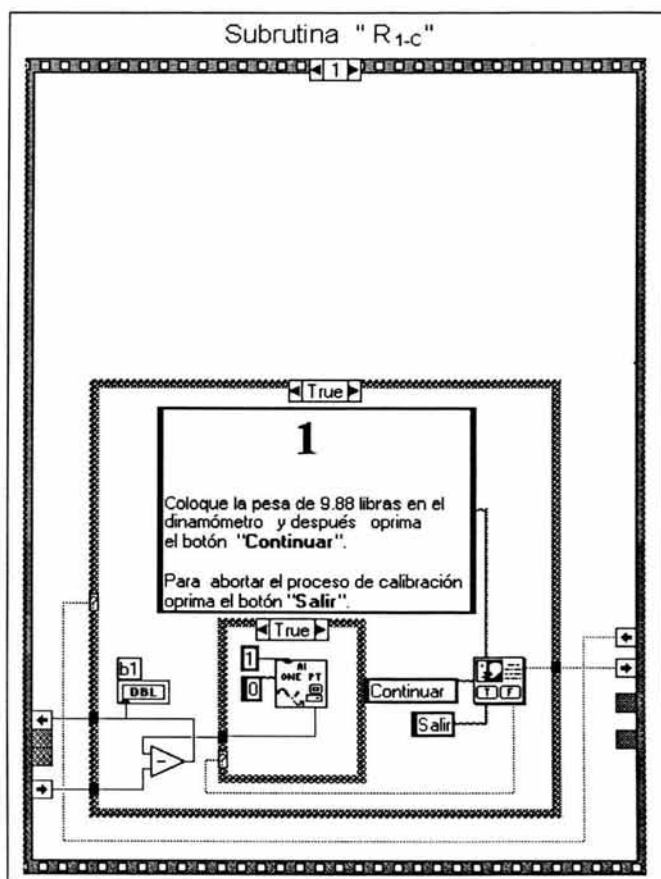


Fig. C-2. Segundo paso del proceso de calibración.

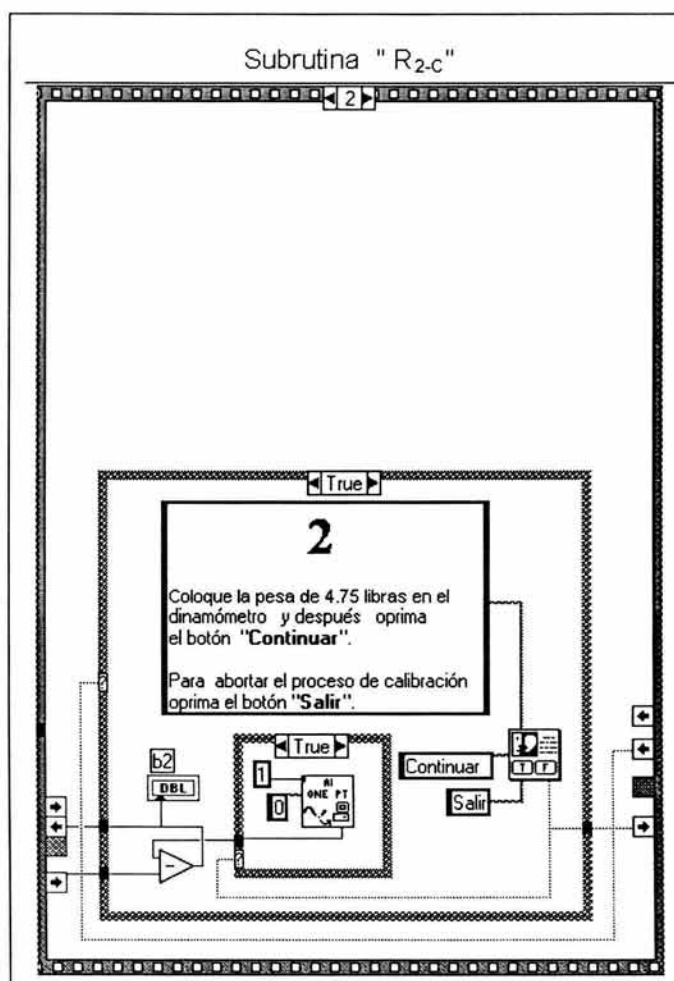


Fig. C-3. Tercer paso del proceso de calibración

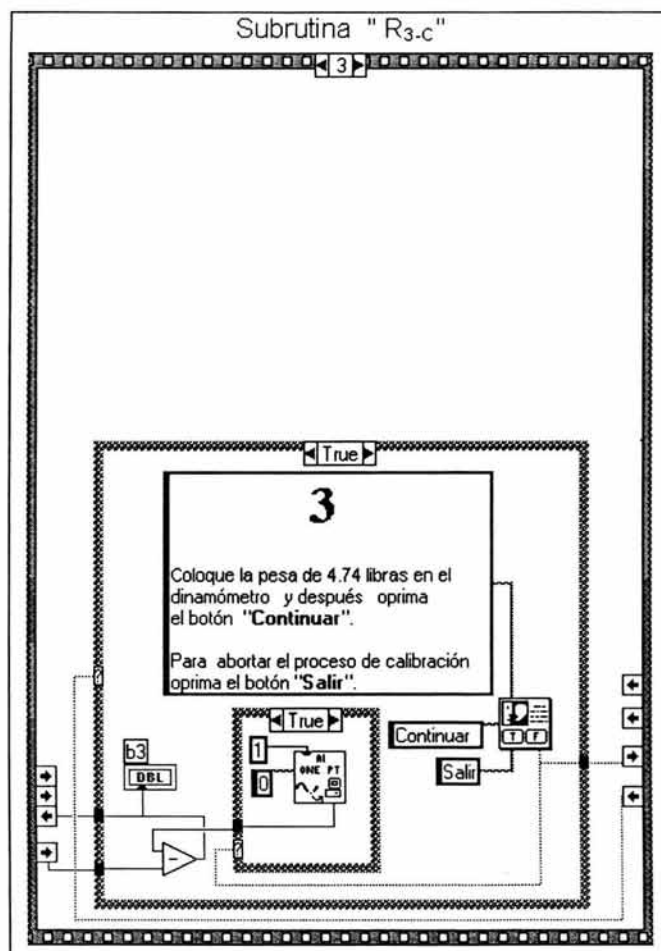


Fig. C-4. Cuarto paso del proceso de calibración.

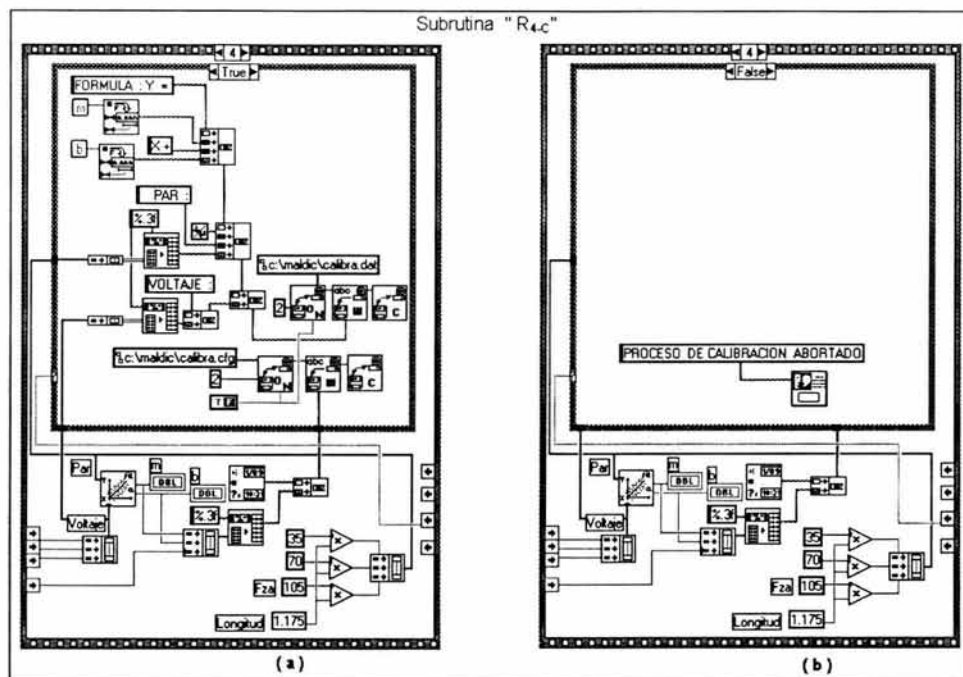


Fig. C-5. Quinto paso del proceso de calibración.

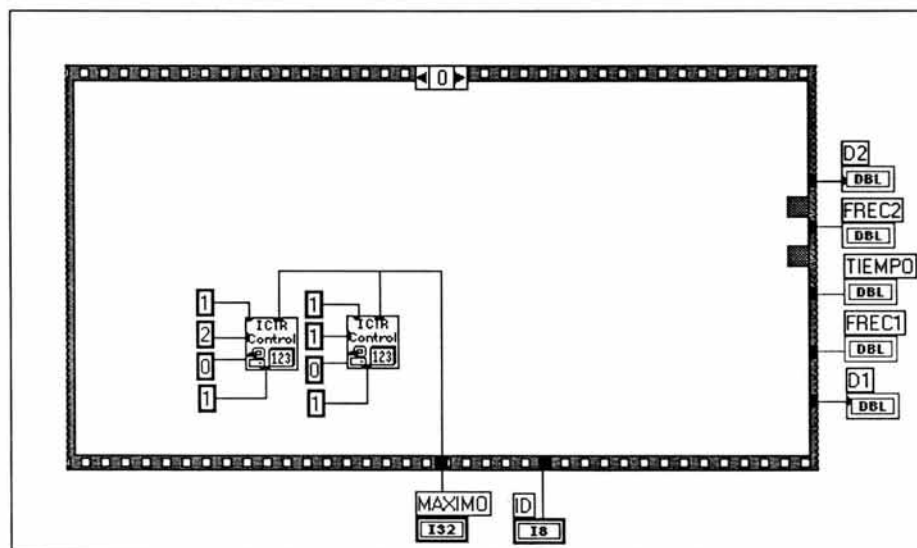


Fig. C-6. Primer paso del sistema de la subrutina READ.

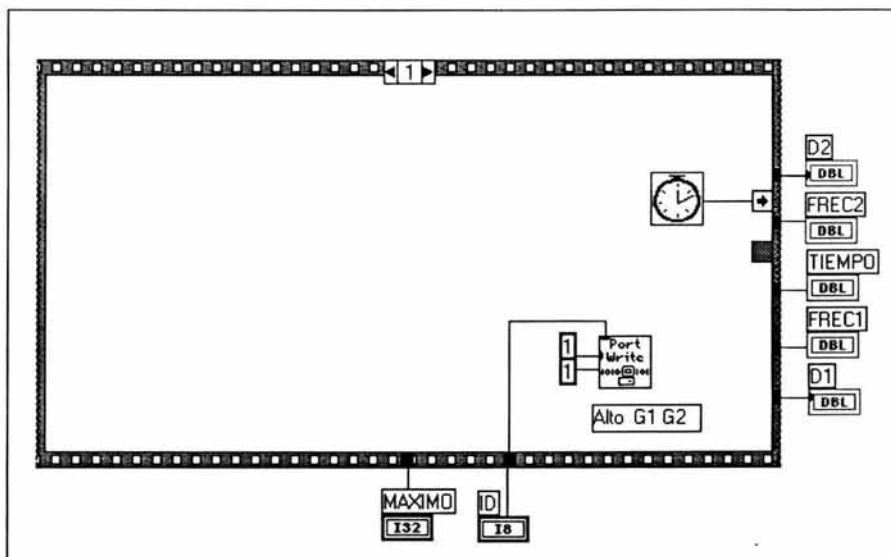


Fig. C-7. Segundo paso del sistema de la subrutina READ.

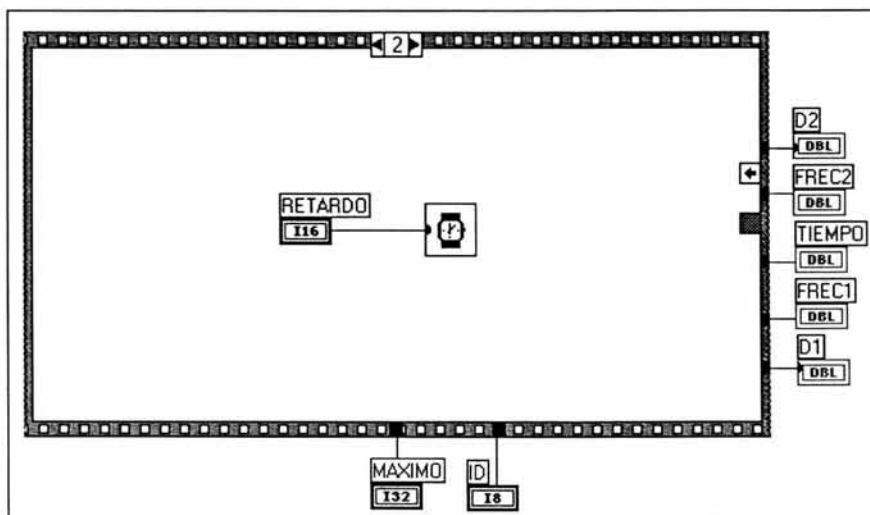


Fig. C-8. Tercer paso del sistema de la subrutina READ.

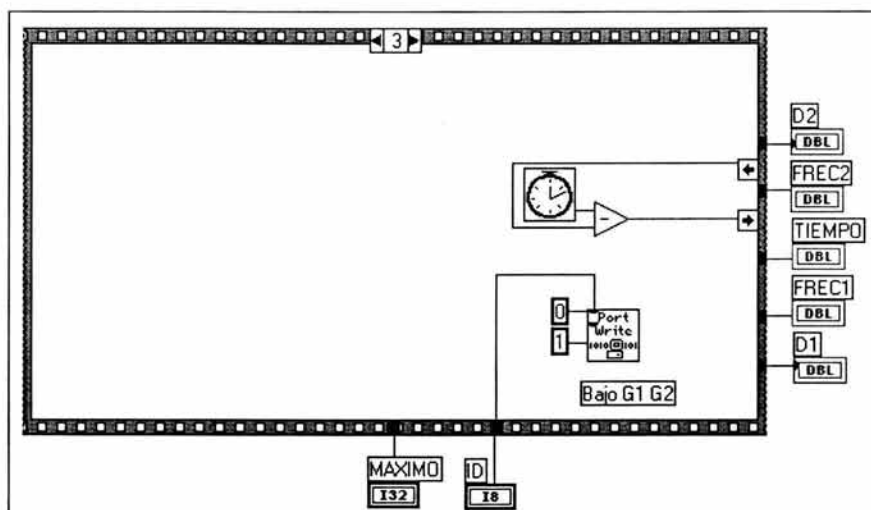


Fig. C-9. Cuarto paso del sistema de la subrutina READ.

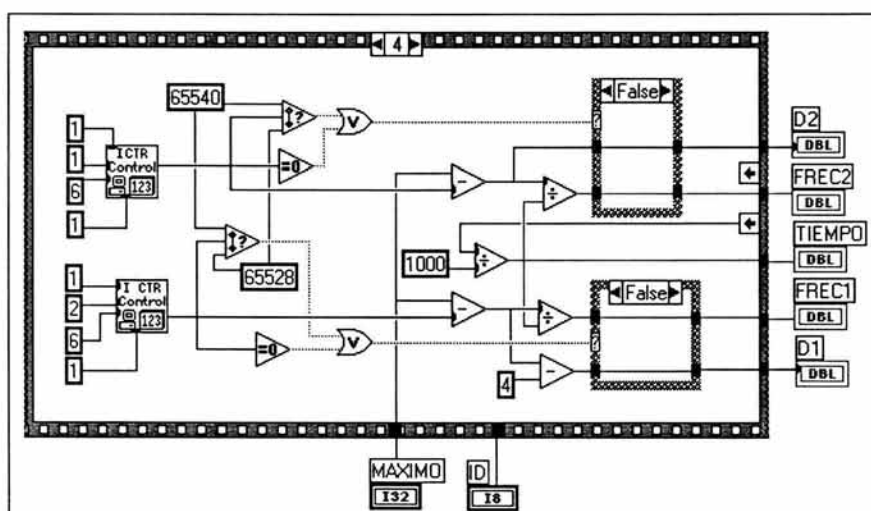


Fig. C-10. Quinto paso del sistema de la subrutina READ.

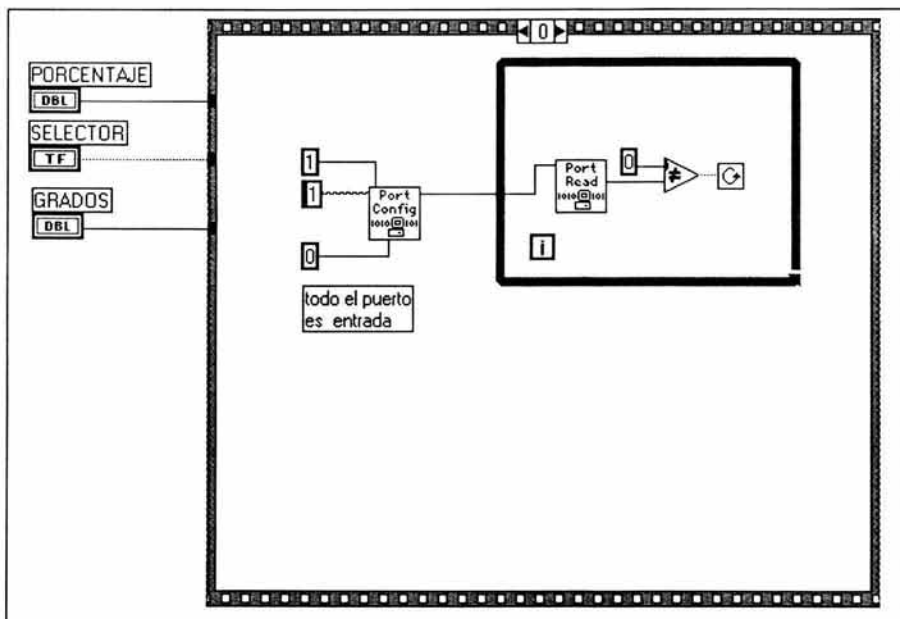


Fig. C-11. Primer paso del sistema de la subrutina PWM.

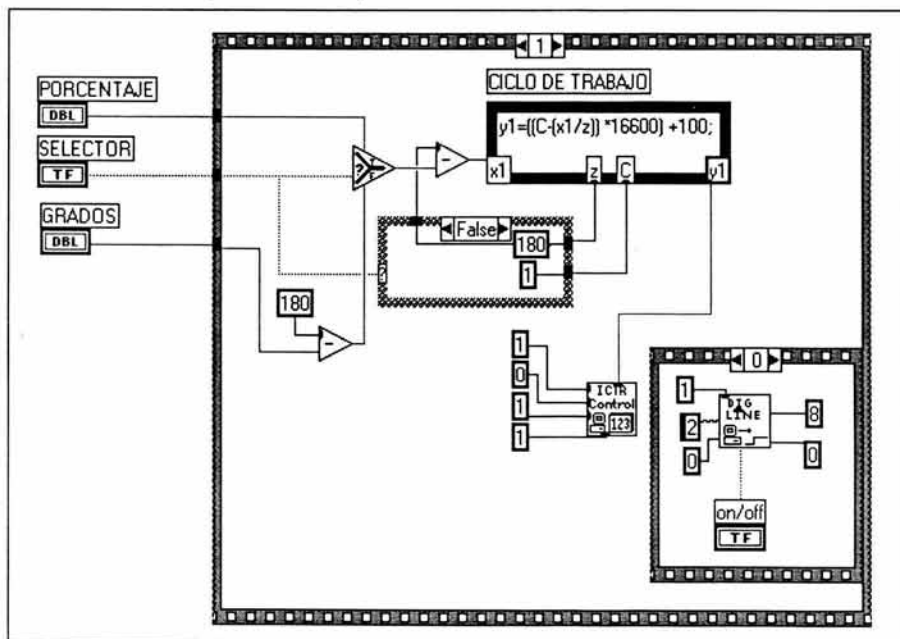
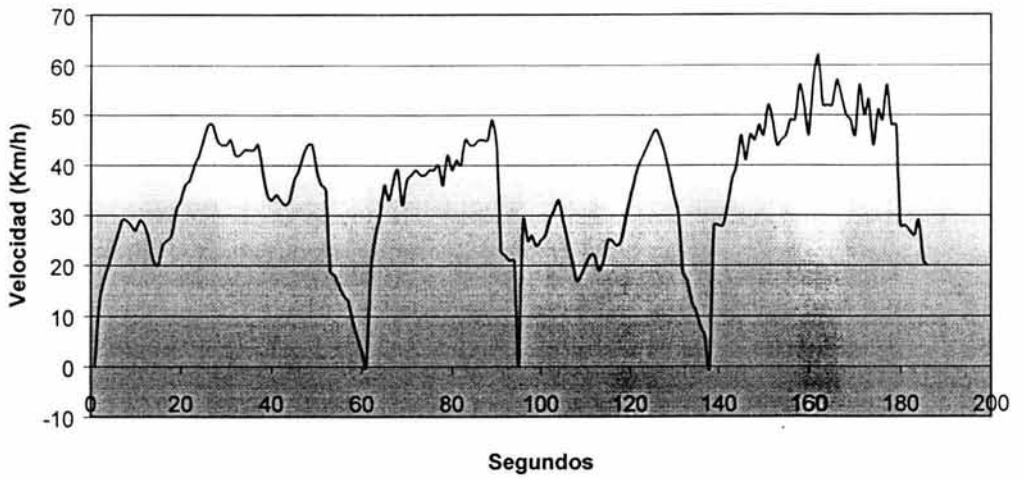
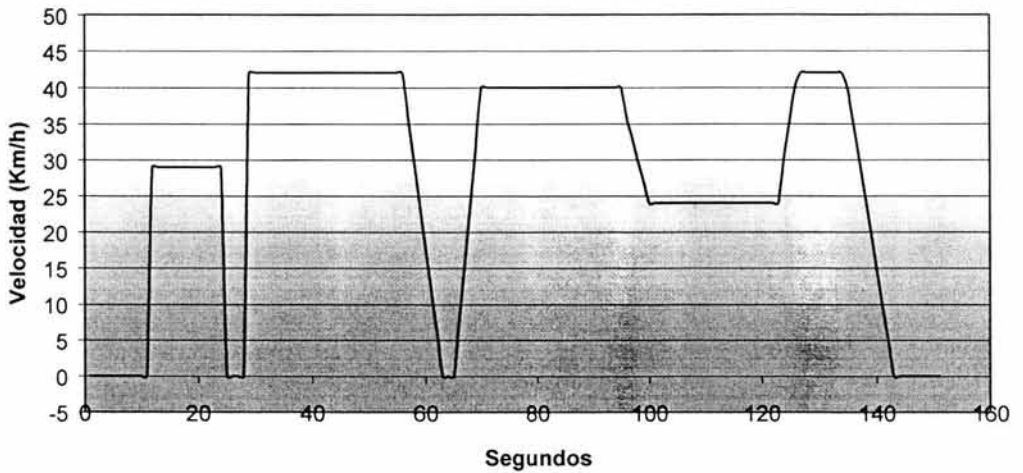


Fig.C-12. Segundo paso del sistema de la subrutina PWM.

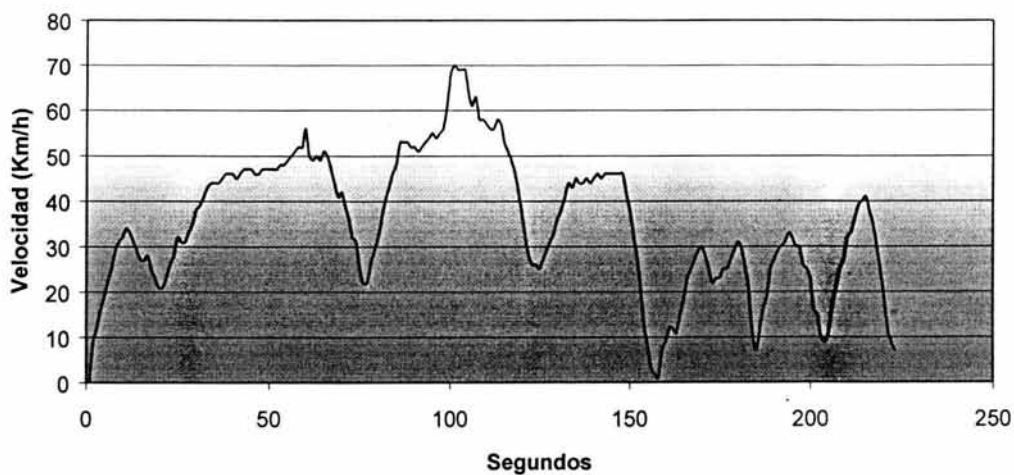
Ciclo de Prueba 50-80 c.c. 2 y 4T



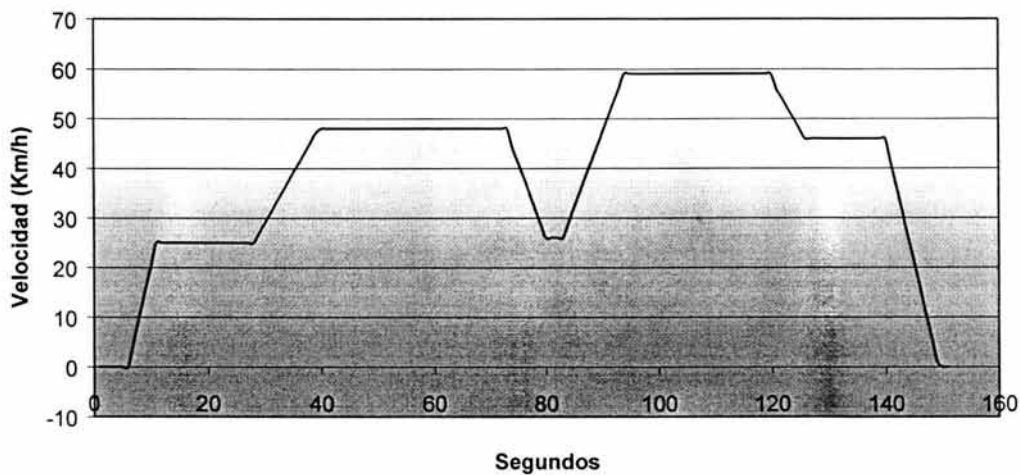
Ciclo de Prueba 50-80 c.c. 2 y 4 T



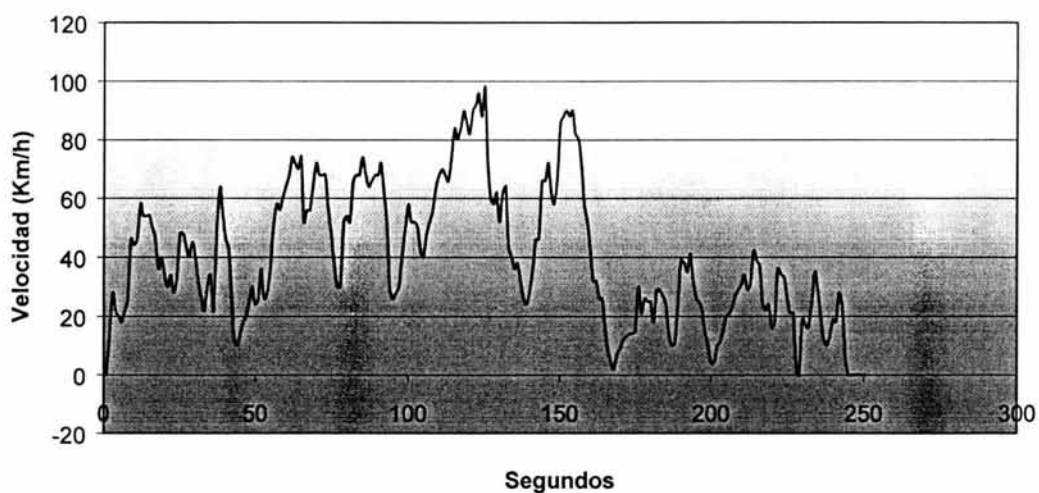
Ciclo de Prueba 100-250 c.c. 2 y 4T



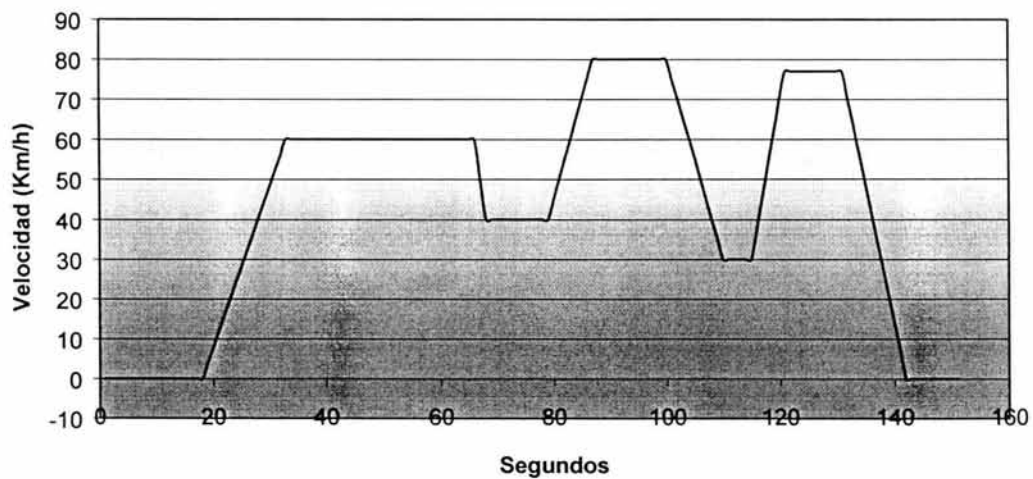
Ciclo de Prueba 100-250 c.c. 2 y 4T



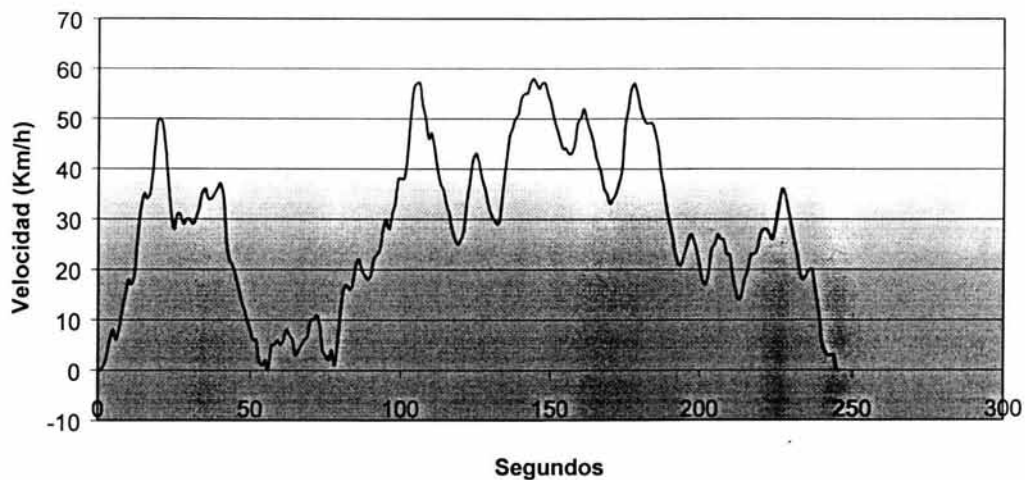
Ciclo de Prueba 250-500 c.c. 2 y 4T



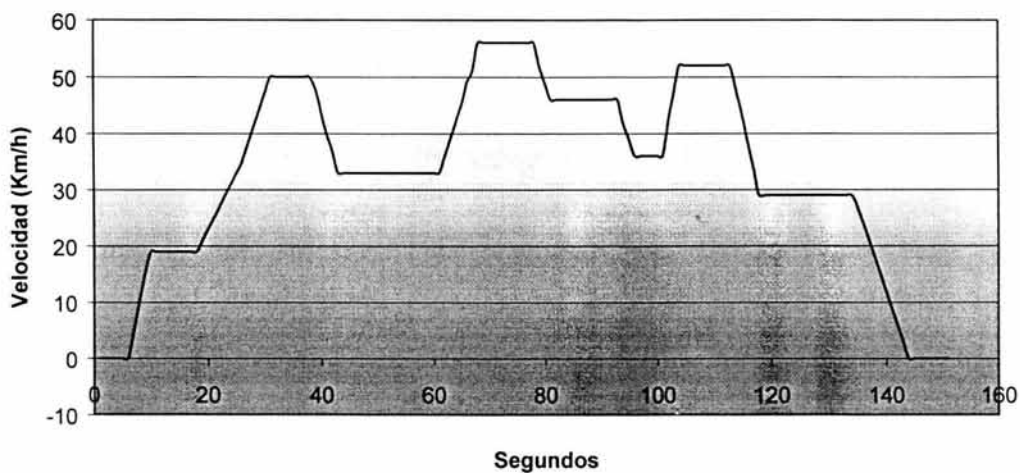
Ciclo de Prueba 250-500 c.c. 2 y 4T



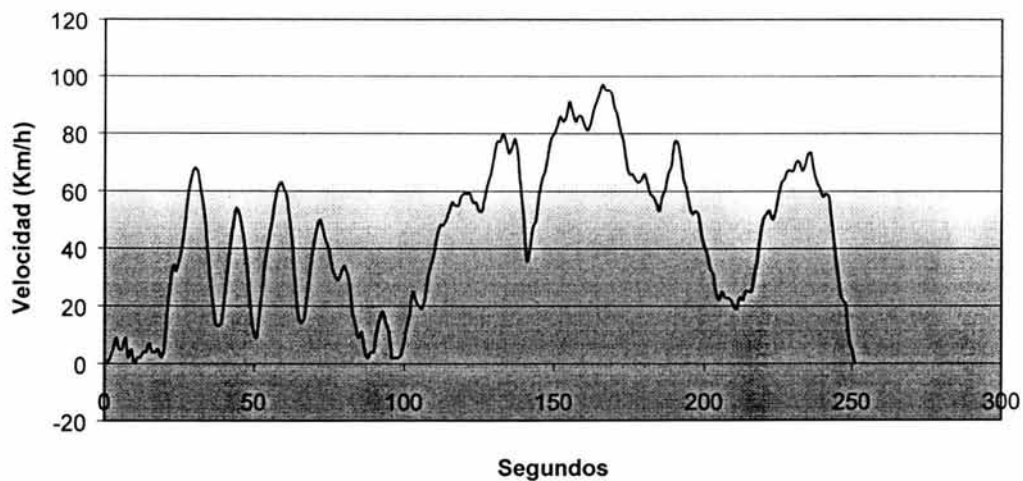
Ciclo de Prueba 300-750 c.c. 2 y 4T



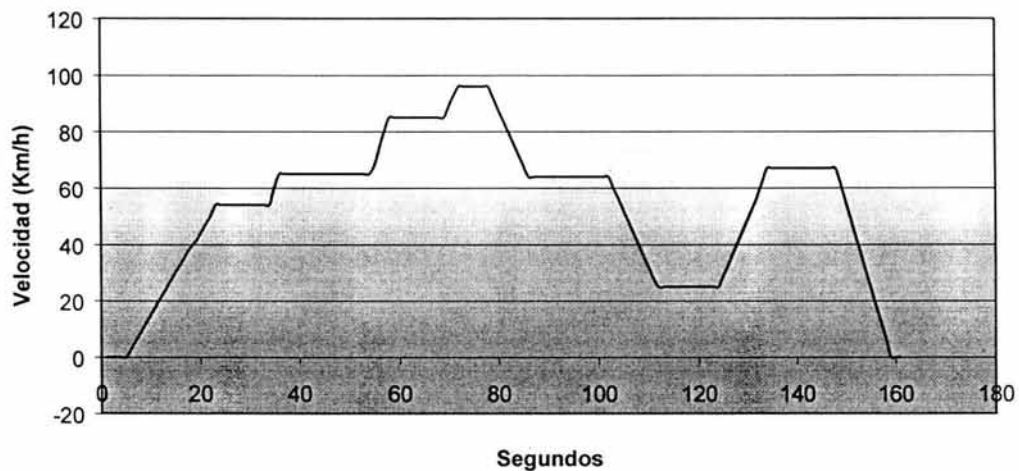
Ciclo de prueba de 350-750 c.c 2 y 4T



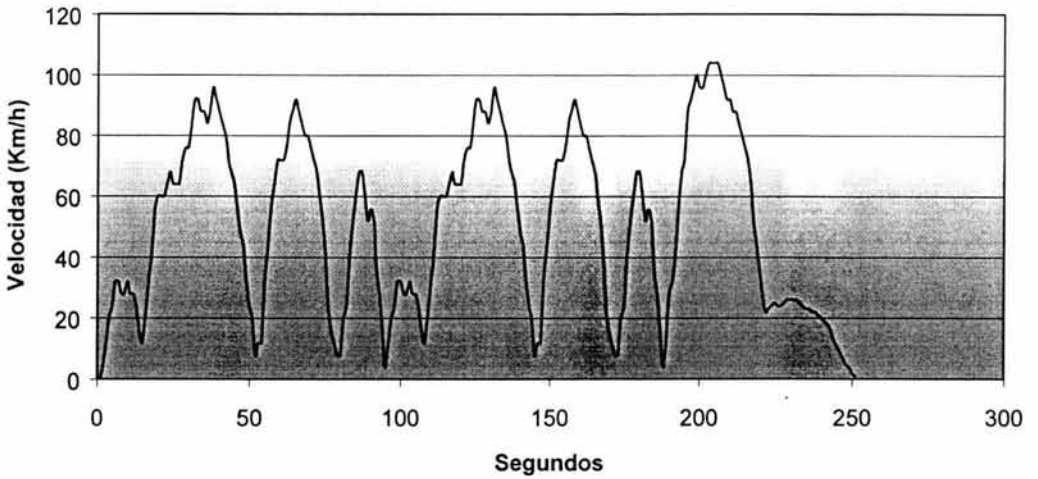
Ciclo de Prueba 800-900 c.c. 4T



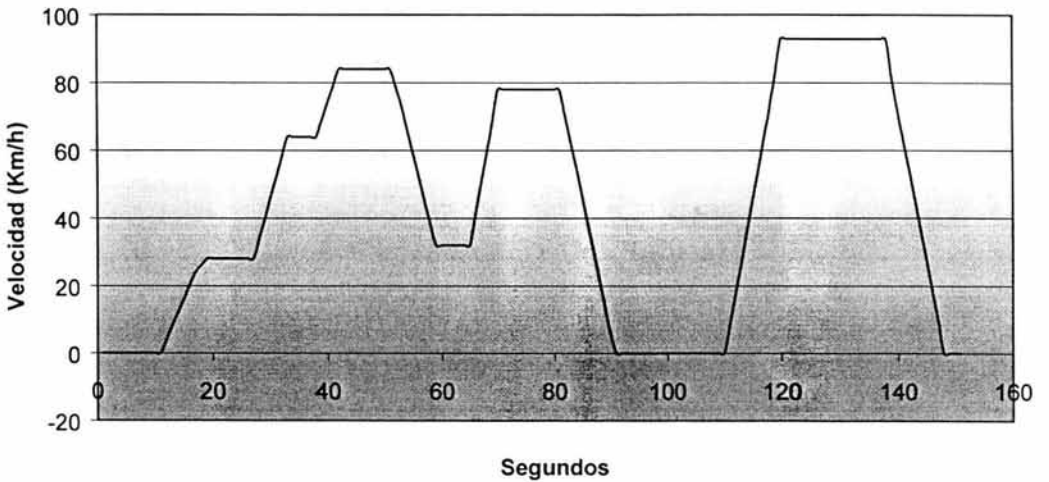
Ciclo de Prueba 800-900 c.c 4T



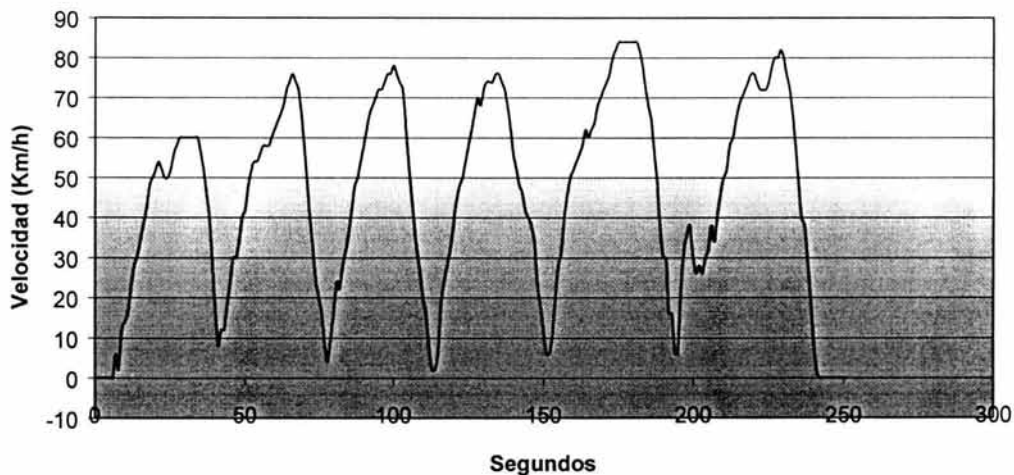
Ciclo de Prueba 1000-1100 c.c. 4T



Ciclo de Prueba 1000-1100 c.c. 4 T



Ciclo de Prueba 1200 c.c. 4T



Ciclo de Prueba 1200 c.c. 4T

