



71
Zij

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA

DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

MEDIDOR DE FLUJO CONTROLADO CON

MICROPROCESADOR

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN COMPUTACION

P R E S E N T A N:

MARTINEZ MENDOZA, ORIANA ELEAZAR

PARRA VELASCO, MARIA TERESA

RAMIREZ HIDALGO, MARTHA MARIA

RODRIGUEZ SANCHEZ, MARIA MARGARITA

DIRECTOR: ING. GLORIA MATA HERNANDEZ

MEXICO, D. F.

1996.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

**A Nuestro Director De Tesis:
Ing. Gloria Mata Por Sus Consejos, Apoyo y
Tiempo Dedicado.**

Queremos agradecer especialmente al Ing. Antonio Salvá Calleja por su gran apoyo, dedicación, enorme paciencia e invaluable amistad.

Al Ing. Adrián Hernández por su amistad y tiempo dedicado

A la Ing. Patricia Hong Cirión por su amistad, confianza e interés en ayudarnos

A nuestros Maestros, compañeros y amigos de la Facultad de Ingeniería, que nos brindaron su apoyo en todo momento.

**A todos ustedes gracias
Oriana E.
Ma. Teresa
Martha María
Ma. Margarita**

A **DIOS** por la vida, permitiendome llegar a este momento.

A mis dos amores más grandes del mundo:

A mi **PADRE** como un testimonio de eterno agradecimiento por el impulso brindado, por sus consejos y por la mejor herencia que me pudo haber dejado, con todo el cariño del mundo.

A mi **MADRE** por su confianza, por todo el gran apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo, por sus consejos y por ser la mejor madre del mundo, con todo mi cariño.

A mis **HERMANOS** que siempre confiaron en mí y que fueron un ejemplo a seguir, además por el enorme apoyo que de ustedes recibí en el transcurso de la carrera y hasta ahora con mucho cariño.

A mis **SOBRINOS** con cariño y como un ejemplo a seguir, que las metas que se traen en la vida las lleguen a realizar siempre.

A mis **TIOS y PRIMOS** con cariño.

A mis **CUÑADOS** por el apoyo recibido.

A la **UNAM**, a la **FACULTAD DE INGENIERÍA** y a mis **PROFESORES** por darme la oportunidad de superarme y porque contribuyeron en mi formación profesional.

A mis **COMPAÑERAS DE TESIS**, a todos mis **COMPAÑEROS** y **AMIGOS** que siempre me brindaron su apoyo.

GRACIAS
Oriana Eleazar

A Dios

A mis Padres y Hermanos

A mis Familiares

A mis Amigas y Compañeras de Carrera y Tesis

A todos los Profesores por su ayuda

A la Universidad

Y a todos los que contribuyeron a realizar este trabajo, pues nada se logra sin ayuda de los demás.

...Gracias.

Ma. Teresa

A ti Señor por permitir que llegue este momento.

A mis Padres por su cariño, confianza, dedicación y apoyo

A mis Hermanos por su ayuda y comprensión por tantos momentos que no podemos compartir juntos

A mi Familia

A mis Profesores, compañeros y amigos de toda mi vida escolar

A la UNAM y a la Facultad de Ingeniería, por brindarme la oportunidad de superarme

A mis Amigos de Esc. de Pastoral por que llegaron a mi vida en un momento importante

A mis Compañeras de Tesis con quien compartí gratos y difíciles momentos.

...Gracias

Martha María.
julio de 1996.

Dedico esta Tesis con cariño :

A Dios

A mis Padres y Hermanos

A mi Familia

A mis Amigos

Porque gracias a su amor, apoyo, consejo, paciencia y su enorme confianza hicieron posible una de mis metas

A la UNAM, a la Facultad de Ingeniería y a mis Profesores, porque me brindaron la oportunidad de superarme y contribuyeron a mi formación.

A mis Compañeras de Tesis

Y *todos* los que estuvieron conmigo durante mi Carrera.

...Gracias

Ma. Margarita.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
----------------	----------

CAPÍTULO I MEDIDORES DE FLUJO

Medidores tipo flotador	7
Medidores tipo volumétrico	7
Medidores tipo velocidad	9
Turbinas	12
Turbinas hidráulicas	13
Acción del agua	13
Dirección del fluido	14
Posición de tiro	15
Medidores basados en turbinas	16
Medidores electromagnéticos de flujo	17
Medidores analógicos	18
Medidores digitales	18
Características de los medidores de agua	21

CAPÍTULO II VÁLVULAS DE CONTROL

Definición	25
Cuerpo de la válvula	26
Tapa de la válvula	26
Obturador y asientos	26
Tipo de válvulas	27

CAPÍTULO III MICROCONTROLADOR

Definición	38
Descripción general	39
Características específicas del MC88HC11F1	40
Conexiones y pines	40
Modo de selección	41
Reset e interrupciones	43
Puerto paralelo I/O	46
Convertidor analógico/digital	48
Timer principal	49
Acumulador de pulsos	49
Manejo interno del MC88HC11	51
Modelo de programación	51
Registros del CPU	51
Modos de direccionamiento	52

CAPÍTULO IV DISEÑO DEL MEDIDOR DE FLUJO

Descripción general del diagrama de bloques	56
Etapa sensora	56
Acondicionamiento de la señal	59
Microcontrolador	60
Dispositivo de salida	60
Señal de alarma	60
Descripción del hardware	61
SIMMP-2	62
Mapa de memoria del modo expandido	64
Ambiente PUMMA	64
IASM11	66
Interfase periférico programable	66
Dispositivo de salida	67
Botones de selección	68
Diseño del Software	69
Diagrama general	71
Inicialización del display	72
Generación de la fecha	73
Conteo de pulsos	76
Promedio mensual	79
Promedio semestral	81

CAPÍTULO V PRUEBAS DE DISEÑO

83

**CAPÍTULO VI ESPECIFICACIONES DEL MEDIDOR DE
FLUJO**

Características generales

95

Conclusiones

100

Apéndice

103

Bibliografía

125

PRÓLOGO

En la actualidad, una de las principales causas de desperdicio de agua, es por rompimiento de tuberías debido a que en cierto momento del día, la demanda de agua disminuye provocando que la presión del agua aumente sobre las paredes de las tuberías.

Por lo general, en los hogares se encuentran instalados medidores analógicos mecánicos (y en algunos casos encontramos medidores digitales mecánicos), los cuáles solamente registran el consumo de agua. Estos aparatos al medir el flujo, debido a que son analógicos, no presentan gran exactitud por el uso de mecanismos con que puede leerse la posición de un indicador o aguja con respecto a una escala (paralaje); no debemos olvidar las partes mecánicas del dispositivo que tienen un tiempo de vida, provocando así una serie de errores. Una medida alternativa para evitar estos problemas es el uso de los medidores digitales en los cuales el valor de la cantidad medida se muestra en forma directa, con una serie de

dígitos; así el paralaje desaparece, además la exactitud inherente de los medidores digitales es mayor que la de los analógicos.

Hagamos un poco de historia en la instalación de medidores en las tomas que se localizan en los predios que se ubicaron en el área del Distrito Federal.

Al principio del año de 1925, se iniciaron las instalaciones de medidores en zonas de mayor consumo que se consideraban en aquella época, o sea dentro del área metropolitana, colonias como Santa María la Ribera, San Rafael, Portales; en donde se instalaron los aparatos de marcas Siemens, Meinecke, Bop-Reuther (Optima), todos ellos tipo turbina.

Posteriormente, se introdujeron al país medidores de tipo volumétrico, marca Trident, Nash, Tropic, Jersey, Niágara, Búfalo, Empire, y hacia los años de 1953 a 1958 se adquirieron los medidores marca Delaunet, Azteca y Uwaf. Hacia el año de 1953 se establecieron las fábricas de medidores Azteca (Subsidiada de la Badger Meter) y la fábrica Delaunet (Subsidiada de Tavira y Delaunet), en el Distrito Federal.

A consecuencia del establecimiento de estas fábricas, la importación de aparatos medidores se cancelaron por la Dirección de Normas, dependiente de la Secretaría de Industria y Comercio, medida que tendía a proteger la Industria Nacional.

En esta etapa, la fabricación se inclinó a medidores tipo velocidad para poder obtener un registro mayor de consumos de los diversos usuarios y no recurrir al constante cambio de aparatos que dejaban de funcionar por pequeños cuerpos extraños contenidos en el agua (por ejem. arena), los cuales detenían el movimiento del pistón o disco que son el alma del funcionamiento de los medidores volumétricos.

La tendencia actual en todos los países, es la de lograr que los organismos que manejan el agua potable sean fundamentalmente autosuficientes, es decir, que siendo su patrimonio el agua, deberían medirla a fin de administrarla y lograr la justa distribución y retribución de este indispensable servicio.

La medición del agua además de permitir un trato equitativo para los usuarios, acarrea un ahorro considerable en el consumo y en el costo del suministro. Poblaciones que carecían de medidores han logrado reducir el consumo de agua en un 40% y en ocasiones hasta en un 60%, ya que el sólo hecho de medirla actúa psicológicamente en los usuarios, quienes disminuyen el desperdicio sin alterar su mismo ritmo de vida higiénica; es decir, se desarrolla una mayor conciencia en el individuo disminuyendo o evitando el derroche. Por otro lado, la medición acusa fugas en tuberías defectuosas que ocasionalmente no son visibles en su etapa inicial; sin embargo, además del desperdicio, el daño que éstas ocasionan al inmueble pueden ser de consideración de no detectarse y corregirse oportunamente.

De lo anterior se deduce que los aparatos de medición además de ser necesarios proporcionan grandes ahorros de agua, que a su vez repercute en ahorro de tuberías, energía de bombeo, cloro, mantenimiento, etc., disminuyéndose además el volumen de las aguas negras.

En la actualidad, el microcontrolador es una gran herramienta que permite el desarrollo de grandes proyectos, así como la optimización en el uso de elementos que lo forman.

Por lo anterior y teniendo conocimiento de la necesidad que existe de medir de una mejor forma el gasto de líquido en las tuberías de agua potable; en el presente trabajo se contempla el diseño y desarrollo de un medidor digital de flujo basado en el Microcontrolador MC68HC11F1, con capacidad de almacenamiento de parámetros relacionados con el flujo y que colocado en posiciones estratégicas, mide

el gasto del líquido y activa una válvula ON/OFF cuando sobrepasa los límites de diseño de la tubería, es decir, que la válvula queda totalmente abierta o totalmente cerrada.

Existe una gran variedad de Microcontroladores dentro de la familia del MC68HC11; en el diseño de este medidor se utiliza el MC68HC11F1 como Microprocesador en modo expandido, debido a la necesidad de más memoria y por el conocimiento previo que se tiene acerca de su funcionamiento, además de su fácil adquisición en el mercado electrónico.

En la arquitectura básica del Microcontrolador se hace uso de la tarjeta SIMMP-2 y del software llamado PUMMA, diseñados por el Ing. Antonio Salvá Calleja, por los cuales el ambiente de trabajo resulta más accesible en el desarrollo.

Por otro lado, el presente trabajo está compuesto de 6 capítulos. En los Capítulos I, II y III se abordan los temas referentes a las herramientas que se emplearon para el desarrollo del dispositivo diseñado; el Capítulo I describe los diferentes tipos de medidores utilizados para mediciones de flujo de agua, así como las características que se deben tener en consideración en un medidor de agua y se dan a conocer algunos de los medidores que existen en el mercado; también se da una referencia de los diferentes tipos de turbinas, así como algunas de sus características y funcionamiento. El Capítulo II da una introducción acerca de los tipos de válvulas que existen, las partes de que constan, el uso fundamental que tienen en un medidor de flujo de agua, concentrándonos básicamente en las válvulas On/Off, que es la propuesta para este diseño. El Capítulo III se centra en la parte principal del dispositivo diseñado que es el Microcontrolador MC68HC11F1, que en el diseño es utilizado como microprocesador; asimismo se presentan las características principales y funcionamiento de este microcontrolador, haciendo referencia tanto en la parte del hardware como del software. El Capítulo IV es completamente específico en el medidor de flujo donde el objetivo es presentar el

desarrollo y diseño del mismo, concentrando las herramientas mencionadas en los capítulos anteriores; este capítulo muestra las diferentes etapas que se desarrollaron, descripción del hardware utilizado, diseño del software realizado y una breve explicación de las herramientas que se tuvieron en consideración para el desarrollo del presente. El Capítulo V se refiere a las especificaciones del medidor de flujo diseñado, esto es, en cuanto a los requisitos generales que debe tener un medidor de flujo; y finalmente, en el Capítulo VI se presentan resultados de las pruebas realizadas.

Capítulo I

MEDIDORES DE FLUJO

Entre los dispositivos usados para mediciones de gasto, se encuentran los medidores mecánicos los cuales son los más frecuentemente utilizados para la medición del gasto de agua domiciliaria donde las lecturas se hacen directamente en el lugar donde el agua es consumida.

Existen diferentes tipos de medidores y su aplicación depende principalmente de las características del agua por medir. De los dispositivos para la medición del flujo de agua se encuentran los medidores de velocidad, los medidores de flujo de área variable como los de flotador y los medidores de desplazamiento positivo que son usados generalmente en aplicaciones donde se desea una gran exactitud bajo condiciones de flujo en estado estable como los de tipo volumétrico.

El siguiente esquema presenta los tipos de medidores mecánicos empleados para mediciones de gasto.



MEDIDORES DE TIPO FLOTADOR

Los medidores de tipo flotador pueden ser empleados tanto para líquidos como para gases. Uno de los más comúnmente utilizados es el rotámetro; cuando está en operación, el flotador es arrastrado hacia arriba hasta alcanzar un punto de equilibrio donde la fuerza del fluido y la del peso del flotador se equilibran. Estos medidores se calibran en fábrica y se disponen para varios fluidos comunes y diversos intervalos de medición de gastos.

MEDIDORES DE TIPO VOLUMÉTRICO

Son aquellos que durante cada ciclo o rotación miden con bastante exactitud el volumen del agua que pasa por la cámara de medición. El eje del disco en medidores de disco nutatorio (figura 1.1), o el eje del pistón en los de pistón oscilante (figura 1.2) acciona al tren de engranes intermedio que a su vez mueve al registro. Cuando se emplea la transmisión magnética, el tren de engranes va incluido en la cápsula del registro.



Figura 1.1 Medidor de disco nutatorio

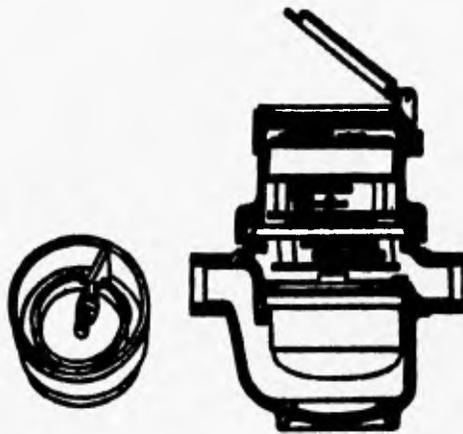


Figura 1.2 Medidor de pistón oscilante

A los medidores volumétricos también se les llama semi-positivos debido a que hay una pequeña fuga entre el disco y el pistón y las paredes internas de la cámara de medición, perdiéndose la exactitud a gastos muy bajos. Los medidores volumétricos positivos, a base de pistón sencillo o múltiple con movimiento alternativo, son muy costosos y no se fabrican en la actualidad para tomas domiciliarias.

Los medidores tipo volumétrico sólo son indicados en aguas correctamente tratadas. En relación con los de tipo velocidad, además de tener menor desgaste, tienen un costo mayor debido a la exactitud requerida en las dimensiones de la cámara de medición, pero también son más robustos y con mayor capacidad, precisión y exactitud.

En vista de que los medidores volumétricos¹ son prácticamente accionados por la totalidad del agua que miden, tienen un par motor elevado que permite la operación de accesorios adicionales tales como alarmas, registros gráficos, controles remotos, etc.

Independientemente de la clasificación anterior, un medidor puede tener el mecanismo de relojería que indica la lectura, trabajando como medidores analógicos o medidores digitales.

MEDIDORES TIPO VELOCIDAD

Es un dispositivo conectado a un conducto cerrado que consiste en un elemento móvil que deriva su velocidad de movimiento de la velocidad del agua.

¹ En caso de trabajar en aguas con materias extrañas en suspensión, el disco o el pistón que trabajan con tolerancia mínima, se atorarán impidiendo el paso del agua.

Miden el consumo deduciéndolo de la velocidad que adquiere el agua en el interior del medidor al impulsar una turbina que puede ser accionada por un chorro único o bien por un chorro múltiple.

El medidor de velocidad de chorro múltiple consiste de un rotor de turbina que gira alrededor de su eje, perpendicularmente al flujo de agua en el interior del medidor, en el que el chorro se divide e incide en varios puntos de la periferia del rotor. Se logra por medio de toberas tangenciales de entrada y salida en la cámara de la turbina. El medidor de velocidad de chorro múltiple se observa en la figura 1.3.

El medidor de velocidad de chorro único, consiste de un rotor de turbina que gira alrededor de su eje, perpendicularmente al flujo de agua en el interior del medidor, en el que el chorro incide en un solo punto de la periferia del rotor. El medidor de velocidad de chorro único se muestra en la figura 1.4.

Los medidores tipo velocidad son indicados en aguas con materias extrañas en suspensión, las cuales pueden circular libremente por los amplios conductos que en su interior llevan dichos medidores. Sin embargo, si las materias extrañas tienden a sedimentarse o a incrustarse, el medidor indicará lecturas superiores a las reales ya que la velocidad del agua aumentará y la turbina dará más revoluciones por litro.

El medidor de velocidad permite la regulación por medio de una válvula reguladora, la cual desvía parte del agua que debiera penetrar a impulsar la turbina. En condiciones normales, el medidor de velocidad de mayor exactitud perdurable es el de chorro múltiple, el cual además es muy constante en su medición a todos los gastos.

En los medidores de tipo velocidad, como se menciona anteriormente se basan en el movimiento de una turbina.

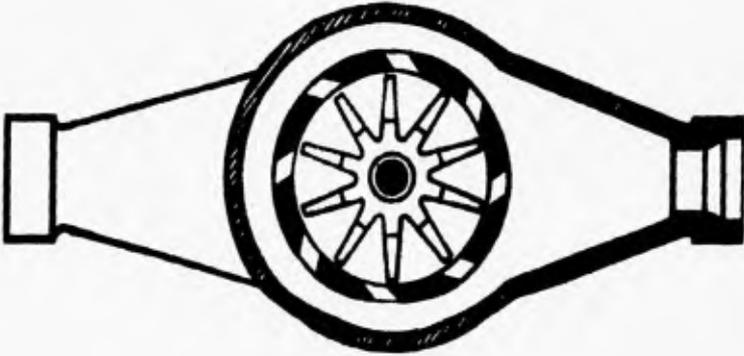


Figura 1.3 Medidor de velocidad de chorro múltiple

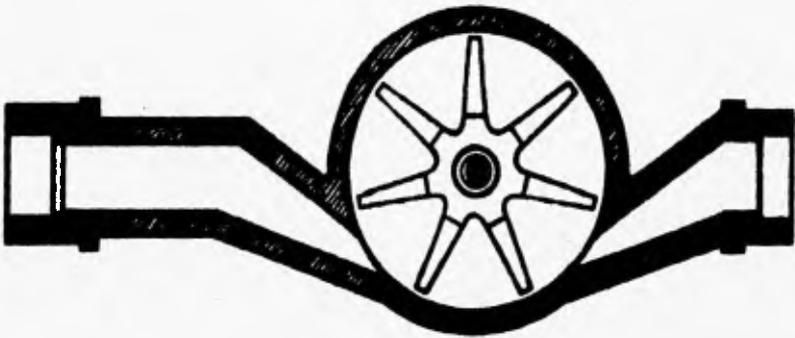


Figura 1.4 Medidor de velocidad de chorro único

TURBINAS

Un dispositivo que añade energía a un fluido o extrae energía es denominado turbomáquina. Si los dispositivos aumentan la energía de un fluido se le denomina bomba y si por el contrario extraen energía de el fluido se denominan turbinas.

Las turbinas pueden ser dispositivos muy sencillos, como los molinos de viento o bien constituir sistemas muy complejos con numerosas etapas formadas por álabes.

Una turbina es una rueda hidráulica, en la cual la energía se transfiere del fluido o desde el movimiento continuo mediante la acción de uno o más álabes impulsores. La turbina es una máquina destinada a transformar la energía de un fluido en movimiento, directamente sin necesidad de elementos intermedios. Si se trata de una turbina hidráulica, el fluido que proporciona la energía es el agua.

Las grandes velocidades en las turbinas se consiguen generalmente a costa de una gran cantidad de flujo en una unidad de tiempo, dependiendo del tamaño y número de álabes de éstas, pero en rotores de pequeño diámetro, es decir, cuando el recorrido del agua dentro de aquel sea corto, el agua también conserva una gran velocidad a la salida de la turbina.

Si el diámetro del tubo de aspiración es tal que permita fácilmente el paso de todo el caudal del agua, esa velocidad que conserva el agua será totalmente perdida, pero podrá recuperarse en parte haciendo que el tubo de aspiración mencionado sea de pequeño diámetro, con lo cual el exceso de velocidad que lleva el agua se traducirá en presión, que transmitida a los álabes de la turbina, retrasará la salida del agua de ésta y aumentará el efecto sobre las hélices del rotor.

Una clasificación general de turbinas es la siguiente:



ACCIÓN DEL AGUA

En esta clasificación encontramos dos tipos: turbinas de reacción y turbinas de impulso, la diferencia entre estas es la forma de transformar la carga.

En las *turbinas de reacción*: el fluido llena por completo los canales entre los álabes y el cambio de carga o caída de presión tiene lugar en el rotor. Este tipo de turbinas son de baja presión y altos caudales. El fluido entra por la sección de mayor diámetro y es dirigido mediante los álabes giratorios. El flujo se mueve a lo largo de los álabes, donde es descargado después de ceder su energía al rotor. Parte de la expansión del fluido se realiza en el exterior y parte dentro de los álabes.

Se pueden construir turbinas de este tipo más compactas y son llamadas de tipo hélice. Las hélices pueden ser fijas o ajustables como las turbinas denominadas Kaplan, siendo más complicadas pero más eficientes a bajas potencias.

Las *turbinas de impulso* operan bajo la acción de uno o varios chorros de fluido libre de alta velocidad; el fluido se acelera a medida que fluye a través de una tobera sometiéndose a un proceso en el cual disminuye su presión. El chorro que choca es desviado mediante cada álabe que produce una fuerza que hace que gire. Este tipo de turbina es adecuada para grandes cargas y potencias bajas .

Un ejemplo de las turbinas de impulso es la turbina de Peiton, constituida por un receptor hidráulico. Está dotado en su periferia de unas paletas de forma especial contra las que se dirige el chorro de agua que sale por una boquilla situada a la parte inferior de la rueda.

La *turbina limite* es aquella que se encuentra en la divisoria entre las de acción y reacción. Se distingue de las primeras en que las dimensiones de los conductos del rotor a su salida son tales que el agua los llena por completo, pero sin llegar a presentar obstáculos en su movimiento.

DIRECCIÓN DEL FLUIDO

Turbinas de fluido radial significa que el camino de una partícula de agua flota a través de un plano el cual es perpendicular al eje de rotación. Si el agua entra a la circunferencia interior del corredor y descarga en la circunferencia exterior, tenemos un fluido exterior conocido. Si el agua entra en la circunferencia exterior del corredor y descarga en la circunferencia interior tenemos un fluido interior.

Las *Turbinas axiales* proporcionan más caudal, aquí el fluido pasa a través del rotor con una distancia constante del eje de rotación.

En Turbinas de flujo mixto donde el agua entra en una rueda interior y durante el paso del flujo el corredor voltea y descarga en el axial tenemos un flujo mezclado de la turbina, es decir, es una mezcla del fluido axial y del fluido radial.

También dentro de esta clasificación se encuentra las turbinas centrífugas las cuales están constituidas por un rotor dentro de una cubierta donde el fluido entra a través del eje de la turbina, los álabes del rotor la forzan a tomar un movimiento tangencial y radial hacia el exterior del rotor. El fluido aumenta su velocidad y su presión cuando pasa a través del rotor. Los álabes están curvados hacia atrás o en algunos casos hacia adelante. Este tipo de turbinas proporcionan caudales con rendimientos excelentes, pero sólo en caudales bajos.

Se han construido turbinas llamadas cónicas, en las que la curvaturas de las pelotas del distribuidor colocado encima del rotor obliga al agua a seguir en su entrada un camino que la aproxima al eje y a su paso por este se eleva.

POSICIÓN DE TIRO

Las turbinas de tiro vertical se clasifican en derechas o izquierdas dependiendo de la dirección de rotación; regulables y no regulables, según se disponga o no de un mecanismo para variar la entrada del agua según la fuerza que se necesite

Cabe mencionar que las turbinas antes descritas pueden medir tanto flujo como gas.

A continuación se describen los medidores basados en turbinas que solamente miden flujo:

MEDIDORES BASADOS EN TURBINAS

Las turbinas medidoras de flujo constan de un tubo para flujo con un pequeño propulsor o turbina montado dentro de un coaxial, donde la turbina es el elemento principal. La turbina se monta en un soporte, el cual es a su vez montado en ejes ensamblados.

La velocidad angular de la turbina es una medida del rango del fluido, usualmente medido por datos de un elevador magnético, montado fuera del cuerpo del medidor.

Un circuito magnético se completa cuando los extremos de las aspas de las turbinas pasan por un imán; si los imanes son montados en el rotor es de tipo inductivo. La frecuencia de la señal de salida es proporcional a la velocidad rotacional de la turbina, que es proporcional a la velocidad del fluido del líquido.

La salida del medidor de fluido es eléctrica y básicamente un voltaje AC con una frecuencia proporcional a la velocidad de la turbina. La magnitud del voltaje es aproximadamente proporcional al rango de flujo. Un rango de fluido es usualmente de 10 a 100 mV_{rms}. La señal tiene una forma cuadrada, la cual es amplificada.

El número de pulsos por unidad de tiempo puede determinarse por un contador digital dando una velocidad de fluido a partir de una indicación digital.

El medidor de turbina es básicamente un medidor de fluido de velocidad, es fácil también obtener el rango de volúmen o de masa multiplicando el rango de fluido por el área de flujo y la densidad del líquido.

MEDIDORES ELECTROMAGNÉTICOS DE FLUJO.

El principio de medición de los medidores electromagnéticos de fluido se basan en la ley de inducción de Faraday. Si un conductor es movido dentro de un campo magnético se induce un voltaje en las terminales de éste. Este voltaje es proporcional a la velocidad promedio con la cual el conductor se mueve. En los medidores de flujo el campo magnético es producido por un par de bobinas y el conductor es representado por líquido el cual debe ser eléctricamente conductivo. Cuando el flujo del líquido atraviesa el campo magnético, éste corta las líneas de fuerza magnética. El voltaje inducido se mide a través de dos electrodos aislados dentro de la pared del tubo del flujo, los cuales están en contacto con el fluido. Un medidor de flujo electromagnético se muestra en la figura 1.5.

Dentro de la industria de medidores para uso domiciliario encontramos dos tipos de medidores instalados en las casas y unidades habitacionales.

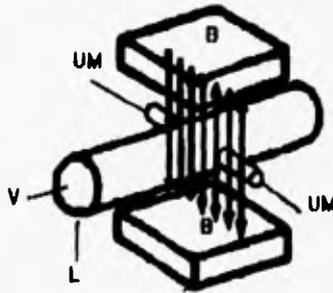


Figura 1.5 Medidor electromagnético de flujo

MEDIDORES ANALÓGICOS

Se llaman analógicos debido a que su funcionamiento es totalmente mecánico, esto es, se basan en una turbina que es movida por el volúmen del agua que pasa a través de ella y que a su vez mueve un conjunto de engranes. El volúmen de agua se dá por el movimiento continuo de:

- uno o más indicadores moviéndose en relación a escalas graduadas;
- una o más escalas graduadas circulares o tambores, cada uno pasando por un indicador

El valor en metros cúbicos para cada división de la escala debe ser expresado como $10n$, donde n es el número entero positivo, negativo o igual a cero, estableciéndose de esta manera un sistema de decenas consecutivas. Cada escala debe ser:

- graduada en valores expresados en metros cúbicos;
- acompañada por un factor multiplicador $\times 0,001$; $\times 0,01$; $\times 0,1$; $\times 1$; $\times 10$; $\times 100$; $\times 1000$.

MEDIDORES DIGITALES

Los medidores digitales se basan en el mismo principio de los medidores analógicos con la diferencia de que en los medidores digitales la información se observa en dígitos y no en manecillas. El volúmen de agua se muestra en una línea de dígitos adyacentes que aparecen en una ó mas ventanas. El avance de cualquier

unidad digital dada, debe ocurrir mientras el dígito del siguiente valor inmediatamente más bajo cambia de 9 a 0.

La decena de más bajo valor puede tener un movimiento continuo. La apertura de la ventana debe ser lo suficientemente grande que permita que un dígito sea legible.

La presencia de dispositivos complementarios, si se colocan temporalmente o se incorporan permanentemente, no deben cambiar las características metrológicas del medidor de agua, este tipo de medidores en la actualidad llevan el mismo mecanismo que los analógicos, solo que en el caso de los digitales marcan el gasto por medio de dígitos y no por medio de esferas o manecillas como en los analógicos.

En la actualidad se están desarrollando algunos tipos de medidores digitales electrónicos los cuales tienen ventajas con respecto a los analógicos.

3VXX Actual. Este medidor es de lectura directa, analógica-digital, con tren de engranes, herméticamente sellado. Se encuentra actualmente en las tomas domiciliarias.

3VXX-ER (LE) Este medidor tiene la característica de ser electrónico, de lectura directa, utilizando un display de cristal líquido (digital), herméticamente sellado (con visor y caja ó topes).

3VXX-ERT (LET) La lectura es directa y la salida para leer a distancia (transmisor), digital, completamente electrónico, sellado herméticamente.

3VXX-ERTO(LETP) Tiene las mismas características del anterior, pero con la ventaja que la placa para lectura se puede realizar a distancia (5mm) con interface en el exterior del predio con una pistola de lectura.

3VXX-ERTR(LETR) Aquí presentan las características antes mencionada pero la salida para leer a distancia por medio de un radio transmisor.

Ventajas de los medidores tipo LETP y LETR:

- Se evita que la persona que realiza las lecturas entren al domicilio.
- Evitar los malos usos del medidor.
- Reducción de tiempo de lectura.
- Evitar errores.
- Y se busca que en un futuro se emitan facturas rápidamente en el mismo domicilio, sin la necesidad de mandarlas por correo.

Independientemente de la clasificación anterior, un medidor puede estar trabajando bajo agua o en seco, es decir, en cuyo caso se denominan de esfera húmeda o de esfera seca.

La operación de la esfera seca se logra a base de transmisión magnética sin prensaestopa, o bien a base de transmisión mecánica con prensaestopa.

La medición con esfera húmeda se emplea exclusivamente cuando el costo del agua es muy elevado, como en el caso de obtención de agua potable partiendo de agua de mar, en cuyo caso la sensibilidad del medidor se aumenta a expensas de:

- Menor vida de los mecanismos
- Mayor mantenimiento
- Dificultad para leer la carátula

La esfera húmeda nunca debe emplearse en aguas de excesiva alcalinidad, pues las incrustaciones que se forman en la cara interna del cristal, impide la lectura.

La esfera seca, de aplicación muy generalizada, se emplea en cualquier tipo de agua.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIDORES DE AGUA

GASTO.- Es la cantidad de agua que pasa durante la unidad de tiempo. Puede expresarse en litros por minuto (LPM), metros cúbicos por hora (m^3/h), galones por hora (GPH) o en cualquier otra medida de volumen referida a cualquier unidad de tiempo.

EXACTITUD.- El grado de exactitud de un medidor indica la veracidad con que miden los consumos reales. Generalmente se expresa en porcentaje referido a la diferencia entre el consumo medido y el consumo real para un gasto determinado.

SENSIBILIDAD.- Corresponde a la mínima cantidad de agua con que el medidor empieza a registrar, no importando el grado de exactitud.

GASTO NOMINAL.-Se define como gasto nominal de un medidor de uso domiciliario al gasto que corresponde a la cantidad de agua que es capaz de medir momentáneamente; este gasto generalmente concuerda con el gasto máximo momentáneo del aparato.

TAMAÑO: Los medidores para uso domiciliario pueden considerarse con tamaños de tubería nominal desde salidas a tubería de 13mm (1/2") hasta 38 mm (1 1/2"), que corresponden a capacidades nominales desde 2 hasta 20 m³/h respectivamente para los de chorro múltiple y desde 4.5 hasta 31 m³/h para los de disco nulatorio.

El gasto nominal es el factor predominante al solicitar el medidor adecuado para el gasto esperado.

CAMPO TEÓRICO DE MEDICIÓN.- Se define como la zona comprendida entre el gasto mínimo desde que el medidor empieza a medir con un error de $\pm 5\%$, y el 100% de su capacidad nominal.

CAMPO PRÁCTICO DE MEDICIÓN.- Corresponde a la zona que empieza en los 5 LPH arriba del gasto mínimo en que el medidor principia a registrar con un error de $\pm 5\%$, y termina al 50% de su gasto nominal.

GASTO NORMAL.-Se define como el 50% del gasto nominal y coincide con una pérdida de columna de agua de 2.5 mts. El medidor podrá trabajar a gasto normal durante una hora al día sin sufrir desgasta anormal en el reductor de velocidad.

Selección Del Tamaño Adecuado De Un Medidor

Para seleccionar el tamaño adecuado de un medidor domiciliario, se toma como base el consumo de agua diario por persona. Los datos más aproximados que se tienen corresponden a un promedio de 280 litros por persona al día.

Con frecuencia se colocan medidores de acuerdo con el tamaño de la toma de agua del sitio donde se instalan. Para que un medidor esté dentro de su garantía y logre obtenerse su vida estimada, será necesario que se instale de acuerdo con el consumo de agua esperado.

Capítulo II

VÁLVULAS DE CONTROL

En el control automático de los procesos industriales, la válvula de control juega un papel muy importante en el lazo de control de regulación. Realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida comportándose como un orificio de área continuamente variable. Dentro del lazo de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador. Sirven para iniciar, parar y regular la circulación de los fluidos. En la figura 2.1 se muestra una válvula de control típica. Se compone básicamente del cuerpo y del servomotor.

El cuerpo de la válvula contiene en su interior el obturador y los asientos y está provisto de roscas y bridas para conectar la válvula a la tubería. El obturador es quien realiza la función de control de paso del fluido y puede actuar en la dirección de su propio eje o bien tener un movimiento rotativo, está unido a un vástago que pasa a través de la tapa del cuerpo y que es accionado por el servomotor.

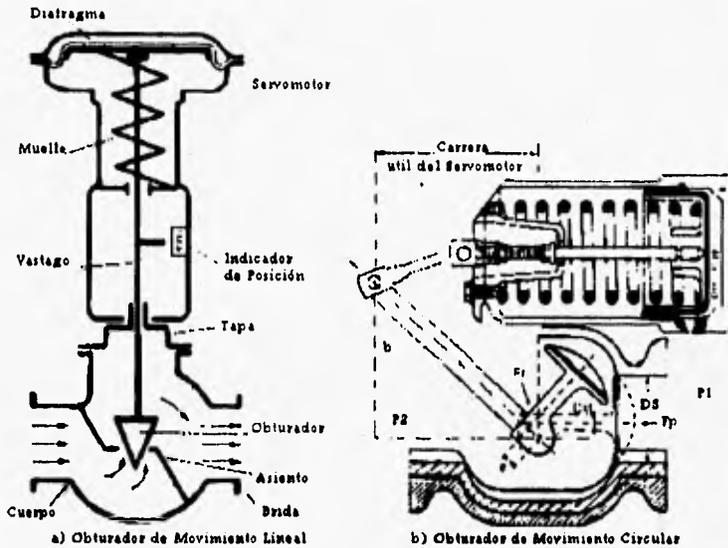


Figura 2.1 Válvula de Control Representativo

Una válvula es un dispositivo que produce una caída de presión en el fluido que pasa a través de ella; además provoca la aceleración del fluido hasta una elevada velocidad al pasar por una restricción estrecha y, posteriormente se desacelera; sin embargo, debido a pérdidas por fricción la presión de salida es inferior a la de entrada.

Las Válvulas se utilizan para regular el flujo de un fluido para sistemas de tubería y maquinaria. En maquinaria el fenómeno del flujo es frecuentemente de un carácter pulsante o intermitente y la válvula, con este equipo, contribuye a una característica de medida de tiempo.

CUERPO DE LA VÁLVULA

El cuerpo de la válvula debe resistir la temperatura y la presión del fluido sin pérdidas, tener un tamaño adecuado en el caudal que debe controlar y ser resistente a la erosión o la corrosión producidas por el fluido.

TAPA DE LA VÁLVULA

La tapa de la válvula de control tiene por objeto unir el cuerpo al servomotor. A través del vástago el obturador es accionado por el motor; este vástago dispone generalmente de un índice que señala en una escala la posición de apertura o de cierre de la válvula.

Para que el fluido no se escape a través de la tapa es necesario disponer una caja de empaquetadura entre la tapa y el vástago. La empaquetadura ideal debe ser elástica, químicamente inerte y tener un aislante eléctrico con el fin de no formar un puente galvánico con el vástago que dé lugar a una corrosión de partes de la válvula.

Obturador y Asientos

Como partes internas de la válvula se consideran generalmente las piezas metálicas internas desmontables que están en contacto directo con el fluido. Estas piezas son el vástago, la empaquetadura, el collarín de lubricación en la empaquetadura (si se emplea), los anillos de guía del vástago, el obturador y el asiento o los asientos. Cabe señalar que el obturador y el asiento constituyen el <<corazón de la válvula>> al controlar el caudal gracias al orificio de paso variable que forman al variar su posición relativa, y que además tienen la misión de cerrar el paso del fluido.

El obturador y los asientos se fabrican normalmente en acero inoxidable porque este material es muy resistente a la corrosión y a la erosión del fluido. Cuando la velocidad del fluido es baja, puede utilizarse fluorocarbonos y otros materiales blandos, solos o reforzados con fibra de vidrio o grafito. En algunas válvulas pueden utilizarse obturadores y asientos de cerámica.

TIPOS DE VÁLVULAS

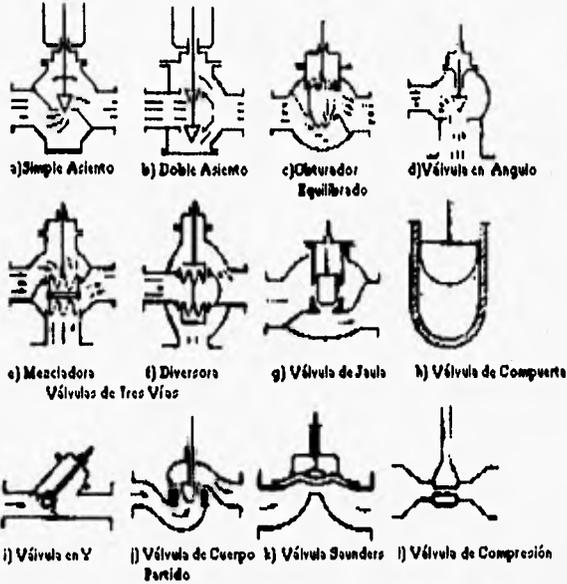
Las válvulas pueden ser de varios tipos según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador.

Para el dispositivo diseñado se considero una válvula de tipo on/off, ya que este tipo de válvula cumple con el objetivo de detener totalmente el flujo de agua cuando se llega al límite preestablecido. Esta válvula funciona de la siguiente forma: si el gasto medido sobrepasa el límite preestablecido entonces el microcontrolador manda una señal que activa el relevador que ocasiona que la válvula se cierre reduciendo por lo tanto el gasto. Cuando el flujo de agua disminuya la válvula se abre. Entonces la operación de la válvula cesa cuando el flujo no sobrepase dicho límite.

Las válvulas de movimiento lineal en las que el obturador se mueve en la dirección de su propio eje se clasifican como se especifica a continuación:

Válvula de globo: También pueden ser rectas y en ángulo; están diseñadas para la regulación y el control de flujos. En las figuras 2.2a, 2.2b y 2.2c se muestran los tipos de válvulas de globo: simple asiento, doble asiento y obturador equilibrado respectivamente. Las válvulas de simple asiento precisan de un actuador de mayor tamaño para que el obturador cierre en contra de la presión diferencial del proceso.

OBTURADORES DE MOVIMIENTO LINEAL



OBTURADORES DE MOVIMIENTO CIRCULAR

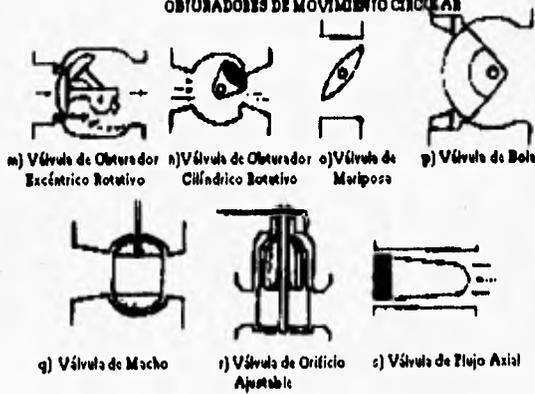


Figura 2.2 TIPOS DE VÁLVULAS DE CONTROL.

Por lo tanto, se emplean cuando la presión del fluido es baja y se precisa que las fugas en posición de cierre sean mínimas.

Válvula en ángulo: Esta válvula representada en la figura 2.2d, permite obtener un flujo de caudal regular sin excesivas turbulencias y es adecuada para disminuir la erosión cuando ésta es considerable por las características del fluido o por la excesiva presión diferencial.

Válvula de tres vías: Este tipo de válvulas se emplea generalmente para mezclar fluidos-válvulas mezcladoras mostradas en la figura 2.2e o bien para derivar de un flujo de entrada dos de salida -válvulas divisoras en la figura 2.2f.

Válvula de jaula: Consiste en un obturador cilíndrico que se desliza en una jaula con orificios adecuados a las características de caudal deseadas en la válvula representada en la figura 2.2g. Se caracterizan por el fácil desmontaje del obturador y porque éste puede incorporar orificios que permiten eliminar prácticamente el desequilibrio de fuerzas producido por la presión diferencial favoreciendo la estabilidad del funcionamiento.

Válvula de compuerta: Esta es un tipo de *válvula on/off*, efectuando su cierre con un disco vertical plano y con movimiento vertical al flujo del fluido, pueden ser rectas y en ángulo. Por su disposición es adecuada generalmente para control todo-nada, nunca para regular flujo ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse. Tiene la ventaja de presentar muy poca resistencia al flujo de fluido cuando está en posición de apertura total mostrada en la figura 2.2h.

Válvula Y. En la figura 2.2i se muestra otro tipo de *válvula on/off*, la cual es adecuada como válvula de cierre. Esta válvula también es de todo-nada, se caracteriza por su baja pérdida de carga y como válvula de control presenta una

gran cantidad de caudal. Posee una característica de autodrenaje cuando está instalada inclinada con un cierto ángulo.

Válvula de cuerpo partido: La válvula presentada en la figura 2.2j, es una modificación de la válvula de globo de simple asiento teniendo el cuerpo dividido en dos partes entre las cuales está presionado el asiento. Esta disposición permite una fácil sustitución del asiento y facilita un flujo suave del fluido sin espacios muertos en el cuerpo.

Válvula Saunders: En la válvula Saunders de la figura 2.2k, el obturador es una membrana flexible que a través de un vástago unido a un servomotor, es forzada contra un resalte del cuerpo cerrando así el paso del fluido.

Válvula de compresión: Esta válvula funciona mediante el pinzamiento de dos o más elementos flexibles, por ejemplo, un tubo de goma. Igual que las válvulas de diafragma se caracterizan porque proporcionan un óptimo control en posición de cierre parcial y se aplican fundamentalmente en el manejo de fluidos negros corrosivos, viscosos o conteniendo partículas sólidas en suspensión se presenta en la figura 2.2l.

Las válvulas en las que el obturador tiene un movimiento circular se clasifican como se detalla a continuación.

Válvula de obturador excéntrico rotativo: Consiste en un obturador de superficie esférica que tiene un movimiento rotativo excéntrico que está unido al eje de giro con uno o dos brazos flexibles como puede verse en la figura 2.2m.

El eje de giro sale al exterior del cuerpo y es accionado por el vástago de un servomotor. El par de éste es reducido gracias al movimiento excéntrico de la cara esférica del obturador. La válvula puede tener un cierre estanco mediante arcos de

teflón dispuestos en el asiento y se caracteriza por su gran capacidad de caudal, comparable a las válvulas mariposa y a las de bola y por su elevada carga admisible.

Válvula de obturador cilíndrico excéntrico: Esta válvula presentada en la figura 2.2n, tiene un obturador cilíndrico excéntrico que asienta contra un cuerpo cilíndrico. El cierre hermético se consigue con un revestimiento de goma o teflón en la cara del cuerpo donde asienta el obturador. La válvula es de bajo costo y tiene una capacidad relativamente alta.

Válvula de bola: El cuerpo de la válvula tiene una cavidad esférica que alberga un obturador en forma de esfera o de bola (de ahí su nombre) mostrada en la figura 2.2p. La bola tiene un corte adecuado (usualmente en V) que fija la curva característica de la válvula, y gira transversalmente accionada por un servomotor exterior. El cierre estanco se logra con un aro de teflón incorporado al cuerpo contra el cual asienta la bola cuando la válvula está cerrada.

Una válvula de bola típica es la válvula de macho como la de la figura 2.2q que es una válvula de cierre rápido; basta un giro de 90° del vástago para abrir o cerrar. No se recomiendan para regular el flujo.

Válvula de orificio ajustable: El obturador de ésta válvula consiste en una camisa de forma cilíndrica que está perforada con dos orificios, uno de entrada y otro de salida y que gira mediante una palanca exterior accionada manualmente o por medio de un servomotor. El giro del obturador tapa parcial o totalmente las entradas o salidas de la válvula controlando así el caudal, la válvula incorpora además una tarjadera cilíndrica que puede deslizarse dentro de la camisa gracias a un macho roscado de accionamiento exterior. La tarjadera puede así fijarse manualmente en una posición determinada para limitar el caudal máximo, como la presentada en la figura 2.2r.

Válvula de flujo axial: Las válvulas de flujo axial consisten en un diafragma accionado neumáticamente que mueve un pistón el cual a su vez comprime un fluido hidráulico contra un obturador formado por un material elastómero. De este modo, el obturador se expande para cerrar el flujo axial del fluido. Este tipo de válvulas se emplean para gases y especialmente silenciosos. Otra variedad de la válvula de flujo axial es la válvula de manguito, que es accionada por compresión exterior del manguito a través de un fluido auxiliar a una presión superior a la del propio fluido. Se utiliza también para gases, mostrada en la figura 2.29.

Otros tipos de válvulas utilizadas tanto para flujos de agua como para otros materiales son:

Válvula de aguja o espiga: Consiste de una varilla delgada que termina en punta y descansa sobre un orificio o asiento circular; puede ser accionada automáticamente, como la de la cámara de flotación de un carburador o por medio de un tornillo, con lo que se regula la salida del fluido.

Válvula de aire: Es un dispositivo aplicado a un recinto de agua que impide la salida de los gases de los depósitos de agua, filtros, albañales, etc.

Válvula de aletas: Es una válvula de asiento cónico guiada por tres o cuatro aletas radiales que ajustan en su alojamiento circular.

Válvula de cabeza o tope: Es una válvula de salida de una bomba para distinguirla de la de aspiración o de pie.

Válvula de cebado: Es una válvula instalada en el lado de aspiración de una bomba para contribuir al cebado de ésta.

Válvula de contrapeso: Es una válvula de seguridad en que la válvula propiamente dicha va cargada con metal pesado; se emplea en las pequeñas válvulas a baja presión.

Válvula de charnela: Es una válvula de retención en forma de disco o aleta que gira sobre un gozne, a veces con su cara cubierta de cuero o goma; se emplea para presiones bajas.

Válvula de derivación: En un sistema de tubos, válvula por la cual la corriente del fluido puede ser desviada por un camino distinto del que sigue normalmente. por ejemplo, un filtro de aceite en un sistema de engrase.

Válvula de descarga: Válvula que gobierna la proporción de descarga de un fluido en un tubo o en una bomba centrífuga. Este tipo de válvulas son especiales para calderas.

Válvula de disco: Forma de válvula de aspiración y descarga que se emplea en bombas y compresores; consisten en un disco ligero de acero o tala que descansa sobre un asiento plano; los de acero suelen ir oprimidos por un muelle.

Válvula de doble pulsación: Válvula cilíndrica hueca para gobernar fluidos a alta presión. Los asientos de los dos extremos expuestos a presión tienen áreas solo ligeramente diferentes, de forma que la válvula se halla casi en equilibrio y puede ser accionada con facilidad.

Válvula de émbolo: Válvula dispuesta en el émbolo o pistón de retención de algunos tipos de bombas alternativas.

Válvula de escape: Válvula que controla la salida de gases de escape de un motor de combustión interna. El riesgo de sobrecalentamiento presenta un problema de

proyecto sobre todo en motores de aviación, el cual se resuelve con aceros de gran resistencia térmica, con revestimientos de Stellite o de dureza similar, o por refrigeración (con sodio).

Válvula de espiga al aire: Válvula de asiento cónico empleada en algunas máquinas de vapor; su acción rápida mediante un dispositivo de báscula y resorte de recuperación, reduce las pérdidas por estrangulación del vapor.

Válvula de grifón: Como las usadas en el suministro doméstico del agua; va cerrada por un tornillo que aprieta un disco de cuero sobre un asiento del cuerpo de la válvula.

Válvula de mariposa: (1) Disco que gira sobre un eje diametral y va colocado dentro de un tubo; se usa como válvula de paso en los motores de gasolina y aceites pesados. (2) Válvula que consiste en un par de placas semicirculares que giran alrededor de un eje diametral común dentro de un tubo por su unión axial, las placas permiten el paso de la corriente en una dirección solamente.

Válvula de movimiento vertical: Toda válvula consistente en un disco, bola, platillo, etc., que se eleva o es elevada verticalmente, para permitir el paso de un fluido.

Válvula de paso: Es una válvula que regula el paso del agua por una cañería.

Válvula de pie: Es una válvula de retención o aspiración, que se dispone en el fondo de un cuerpo de bomba o en la caja de válvula de ésta.

Válvula de reflujo: Tipo de válvula usada en tuberías para desniveles progresivos, a fin que retroceda el agua por la misma en el caso de un reventón.

Válvula de retención: Es una válvula unidireccional que cierra automáticamente por la presión de un fluido; colocada en un tubo o cañería, evita el retroceso del fluido que circule en él por la acción de una bomba; reacciona rápida y automáticamente a cambios en el sentido del flujo.

Válvula de seguridad: Válvula que contiene un resorte que mantiene a la válvula en su asiento, determinando la presión a la que la válvula se abre y elimina la presión excesiva, permaneciendo completamente abierta hasta que la presión se reduce a un valor determinado y luego cierra rápidamente; evita presiones peligrosas cuando la presión exceda al valor de seguridad máximo.

Válvula de vaciado: Llave colocada en la parte más baja de una tubería, al objeto de permitir su vaciado cuando sea necesario.

Válvula hidrostática: Dispositivo que tiende a mantener un cuerpo sumergido (por ejemplo, un torpedero en movimiento) a la profundidad deseada.

Válvulas hidráulicas y neumáticas. El término hidráulico se refiere a la transmisión de potencia por medio del empleo de un líquido a presión. Por otro lado, neumático se refiere a sistemas que utilizan un gas a presión.

Los cilindros requieren que la dirección del fluido al cilindro sea controlado. Las válvulas que llevan a cabo esta función se llaman válvulas de control de dirección.

Aunque las válvulas actúan de varias maneras también se tienen las válvulas de solenoide.

Los solenoides son actuantes electromagnéticos. Los solenoides se identifican frecuentemente por letras minúsculas y se designan como Sol a, Sol b, etcétera.

Como un primer paso para comprender los símbolos de las válvulas, consideremos una válvula que tiene solo dos posiciones fijas, correspondientes a abierto y cerrado. El símbolo apropiado contiene dos cuadros como se muestran en la figura 2.4a, un cuadro para cada posible posición de la válvula.

A continuación, se indican la configuración de compuerta para cada posición como se muestra en la figura 2.4a; en una posición, se permite el paso del flujo, mientras que en la otra, se bloquea el flujo. La figura 2.4b da un símbolo completo. La activación del solenoide se indica por medio del símbolo mostrado. También se indican las líneas de conexión.

El símbolo del resorte indica que la válvula está cargada por un resorte en una posición. La interpretación de la figura 2.4b es la siguiente :

Con el solenoide sin energía, el cuadro adyacente al símbolo del resorte está actuando, es decir, la válvula está cerrada (están bloqueadas las líneas de conexión).

Cuando el solenoide tiene energía, el cuadro adyacente al símbolo del solenoide está actuando y la válvula está abierta.

La válvula simbolizada en la figura 2.4b puede describirse como actuada por solenoide, resorte-cerrada, válvula de dos posiciones. Además, es una válvula normalmente cerrada ya que está cerrada cuando el solenoide no tiene energía.

También es una válvula de doble peso (o de dos conexiones), ya que se pueden conectar dos líneas a la válvula.

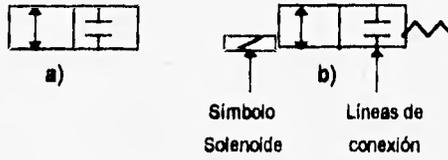


Figura 2.4. Símbolo de una Válvula

Capítulo III

MICROCONTROLADOR

En este capítulo se presentan las características y funcionamiento de un microcontrolador de la familia MC68HC11. Dándose una descripción general del microcontrolador y haciendo referencia tanto a la parte del hardware como a la parte del software.

DEFINICIÓN DE MICROCONTROLADOR

Un microcontrolador es una microcomputadora que se encuentra formada por CPU (ALU, Unidad de Control, Registros y Buses), Memoria (RAM y ROM) y Periféricos (Puertos paralelos, Puertos series, Convertidor analógico/digital, Timer's).

La familia MC68HC11 de MCU's, se encuentra compuesta por varios y nuevos miembros que empiezan a ser desarrollados. Existiendo algunas diferencias entre los miembros de esta familia de MCU's.

NUMERO	EPROM	ROM	EEPROM	RAM	CONFIG ²
MC68HC11A8	-	-	512	256	\$0F
MC68HC11A1	-	-	512	256	\$0D
MC68HC11A0	-	-	-	256	\$0C
MC68HC811A8	-	-	8K+512	256	\$0F
MC68HC11E9	-	12K	512	512	\$0F
MC68HC11E1	-	-	512	512	\$0D
MC68HC11E0	-	-	-	512	\$0C
MC68HC811E2	-	-	2K ¹	256	\$FF ³
MC68HC711E9	12K	-	512	512	\$0F
MC68HC11D3	-	4K	-	192	N/A
MC68HC711E9	4K	-	-	192	N/A
MC68HC11F1	-	-	512 ¹	1K	\$FF ³
MC68HC11K4	-	24K	640	768	\$FF
MC68HC711K4	24K	-	640	768	\$FF
MC68HC11L6	-	18K	512	512	\$0F
MC68HC711L6	18K	-	512	512	\$0F

Tabla 1. Miembros de la Familia MC68HC11

DESCRIPCIÓN GENERAL

La mayoría de los microcontroladores manejan palabras de 8 bits, cuentan con 64 bytes de memoria de lectura y escritura, y 1 Kbyte de memoria ROM. El rango de líneas de entrada/salida varía de 16 a 32.

El microcontrolador con el cual se desarrolla la aplicación es el MC68HC11F1 siendo un miembro de alta ejecución de la familia MC68HC11 de MCU's. El MC68HC11, con memoria de tipo EEPROM integrada en un solo chip, es uno de los más poderosos de las familias de MCU de 8 bits disponibles en el mercado hoy en día. Utiliza una nueva tecnología conocida como C-MOS de alta densidad, y la alta velocidad de la tecnología H-CMOS con una gran velocidad del bus (2.1 Mhz). Debido a la inmunidad al ruido se pueden realizar operaciones a bajas frecuencias, reduciendo el consumo de energía.

CARACTERÍSTICAS ESPECIFICAS DEL MC68HC11F1

El microcontrolador cuenta con las siguientes características:

- 512 bytes de EEPROM con protección de bloques
- 1024 bytes de memoria RAM
- CPU MC68HC11
- Sistema de reloj de 16 bits
 - funciones de captura de entradas (IC)
 - funciones de comparación de salida (OC)
 - funciones de software seleccionable
- Circuito de interrupciones de tiempo real
- Tarjeta de selección de chip con ajuste de reloj
- Acumulador de pulsos de 8 bits
- Interfaces periférica serial sincronía SPI
- Interface de comunicaciones serial SCI
- Función de no retorno a cero NRZ
- Modo de ahorro de energía STOP y WAIT
- Convertidor A/D de 8 bits, 8 canales
- COP(Computadora Operando propiamente
- Watchdog y monitor de reloj
- Chip de 68 pines

CONEXIONES Y PINES

El MC68HC11F1 es el primer microcontrolador con un bus de datos y de direccionamiento no multiplexado de la familia MC68HC11. En adición al bus no multiplexado, incluye 1K de memoria RAM y un chip inteligente a conexiones simples

Los niveles de captura determinan el estado lógico del modo especial (SMOD) y el modo de selección (MDA) de los bits de control en un registro de mayor prioridad (HPRIO). Estos dos bits controlan los circuitos lógicos en el hardware de selección de modo.

El modo A selecciona entre los modos single chip y expandido y el modo B selecciona entre la variación normal y la variación especial del modo escogido. Donde el modo Bootstrap es la variación especial del modo Single Chip y el modo Test es la variación especial del modo Expandido.

El pin MODA abastece la función alternada de carga del registro de instrucción(LIR) cuando el MCU se encuentra en reset. El pin MODB abastece la función alternada de una fuente de poder en standby (Vstby) para mantener el contenido de la RAM cuando Vdd no esté presente.

Entradas	Descripción del Modo	Control de Bits en HPRIO
----------	----------------------	--------------------------

MODB	MODA		RBOOT	SMOD	MDA	IRV
1	0	Normal Single-Chip	0	0	0	0
1	1	Normal Expandido	0	0	1	0
0	0	Especial Bootstrap	1	1	0	1
0	1	Especial Test	0	1	1	1

Tabla de Modo de Selección

Modo Normal Single Chip

Cuando es seleccionado este modo de operación no se requiere de una dirección externa y de funciones del bus de datos en los pines del puerto B y del puerto C, dichos puertos se encuentran disponibles para uso de propósito general

de entrada/salida paralelo. En este modo todo el software que se ocupa en el microcontrolador se encuentra contenida en la memoria interna.

Modo Normal Expandido

Modo en el cual se trabaja el proyecto, ya que las características de este modo nos representan ventajas para la aplicación. Este modo de operación permite el uso de una memoria externa y de dispositivos periféricos para ser accedidos.

RESET E INTERRUPTIONES

El microcontrolador tiene tres vectores de reset y 18 vectores de interrupciones.

Los vectores de reset son:

- Reset
- COP (monitor de falla de reloj)
- Falla de COP

El reset puede ser usado como una entrada al inicializar el microcontrolador para un estado de inicio y como un conducto abierto de salida para indicar un falla interna detectado en cada monitoreo del reloj ya sea por el circuito watchdog o por el COP. Esta señal de Reset es significativamente diferente de una señal de Reset usada en los MCU's.

El reset es utilizado por la unidad del microcontrolador para asumir un conjunto de condiciones iniciales y empezar a ejecutar las instrucciones desde una

dirección predeterminada. El circuito de reset está específicamente diseñada para trabajar con niveles bajos de Vdd.

Así el Reset puede ser usado para prevenir un funcionamiento indeseable, el cual es importante para aplicaciones en donde el contenido de la RAM puede ser mantenido en la ausencia de Vdd.

El circuito de monitoreo COP (Computer Operating Properly) protege contra fallas del software. Un sistema de monitor reloj genera un reset en caso de que el reloj se pierda o cuente muy despacio. Un circuito detector de códigos ilegales provee una interrupción tipo no mascareable cuando este detecta un código ilegal.

El CPU en un microcontrolador ejecuta instrucciones secuenciales. En muchas aplicaciones, es necesario ejecutar conjuntos de instrucciones en respuesta a la petición de varios elementos periféricos. Estas peticiones casi siempre son asíncronas a la ejecución del programa principal. Las interrupciones proporcionan una manera temporal de suspender la ejecución del programa, así el CPU puede atender estas peticiones. Después de que una interrupción ha sido servida, el programa principal ve si no ha habido otra interrupción.

Al conjunto de instrucciones ejecutadas en respuesta a una interrupción se les llama rutine de servicio de interrupción. Estas rutinas son muy parecidas a las subrutinas utilizadas en los programas, excepto que son llamadas a través de un mecanismo de hardware de interrupción automática en lugar de una instrucción de subrutina y todos los registros son salvados en el stack en lugar de solo salvar el program counter (pc).

Una interrupción produce una deshabilitación en el flujo normal de un programa. Una interrupción concluye con un regreso de una instrucción de

interrupción (RTI) que causa que el programa regrese como si no hubiera habido una interrupción.

El CPU evalúa los pedidos de interrupción con grados de prioridad. Existen 18 vectores de interrupción que sirven para 22 interrupciones fuentes (existiendo 3 interrupciones no mascarables y 19 interrupciones mascarables).

Las interrupciones no mascarables son aquellas que no se pueden deshabilitar por software y el uso más común de este tipo son para serios problemas del sistema como fallas en la fuente o en un programa corriendo. Estas interrupciones son :

- Illegal Opcode Trap
- Interrupción por Software
- Pin XIR

Las interrupciones mascarables las podemos deshabilitar por software y son priorizadas. Sin embargo, solo un origen puede ser llevado a la posición de la prioridad mascarable por un registro de control. Las interrupciones mascarables responden para una prioridad fija.

Las 19 interrupciones en el MC68HC11F1 están sujetas a una mascara del bit de interrupción global (1). En adición para el bit 1 global todas estas orígenes, excepto el pin de interrupción IRQ, están sujetos a una habilitación de bits locales en registros de control.

Las demás interrupciones en el MC68HC11 tienen vectores de interrupción separados y no necesitan usualmente de software para registrar los registros de control para determinar la causa de una interrupción.

Dirección del Vector	Fuente de Interrupción	Mascara Global	Mascara Local
FFC0,C1- FFD4,D5	Reserved	-	-
FFD6,D7-	SCI Serial System	BIT I	-
FFD8,D9	SPI Serial Transfer	BIT I	SPIE
FFDA,DB	Pulse Accumulator Input	BIT I	PAII
FFDC,DD	Pulse Accumulator Overflow	BIT I	PAOVI
FFDE,DF	Time Overflow	BIT I	TOI
FFE0,E1	Timer IC4/OC5	BIT I	IC05I
FFE2,E3	Timer Output Compare 4	BIT I	OC4I
FFE4,E5	Timer Output Compare 3	BIT I	OC3I
FFE6,E7	Timer Output Compare 2	BIT I	OC2I
FFE8,E9	Timer Output Compare 1	BIT I	OC1I
FFEA,EB	Timer Input Capture 3	BIT I	IC3
FFEC,ED	Timer Input Capture 2	BIT I	IC2I
FFEE,EF	Timer Input Capture 1	BIT I	IC1I
FFF0,F1	Real-Time Interrupt	BIT I	RTII
FFF2,F3	IRQ (External Pin)	BIT I	None
FFF4,F5	XIRQ Pin	X BIT	None
FFF6,F7	Software Interrupt	None	None
FFF8,F9	Illegal Opcode Trap	None	None
FFFA,FB	COP Failure	None	NOCOP
FFFC,FD	COP Clock Monitor Fail	None	CME
FFFE,FF	RESET	None	None

Tabla de Interrupciones

PUERTO PARALELO DE I/O

El MC88HC11F1 tiene 6 puertos de 8 bits de entrada/salida (I/O), puerto A, B, C, E, F, y G y un puerto de 6 bits de I/O (entrada/salida), puerto D.

Las funciones de I/O en algunos puertos (B, C, F, y G) son afectadas por el modo de operación seleccionado. En los modos Single-Chip y Bootstrap, están configurados como puertos de datos de I/O paralelo.

En modo Expandido y modo Test los puertos B, C, F, G, y el pin R/W están configurados como una memoria de expansión del bus, con los puertos B y F como bus de direccionamiento, el puerto C como bus de datos, la señal R/W (lectura/escritura) como control del bus de dirección de datos y los cuatro bits superiores del puerto G como una selección de chip externo opcional

Los puertos A, D, y G, pueden ser usados como puertos de propósito general, aunque cada uno tiene una función alternativa. Los bits de control del puerto A, tienen funciones del timer (relojes) y con el acumulador de pulsos; El puerto D se relaciona con los puertos series (pines SPI Y SCI); y el puerto G es un puerto, relacionado con la selección de chip (chip-select).

PUERTO A.- Puerto de propósito general de I/O así como con registros de datos (pin PortA) y un registro de dirección de datos (DDRA). Los pines del puerto A son disponibles para distribuir el uso entre el timer principal (reloj principal), el acumulador de pulsos y funciones generales de I/O, indiferente del modo. Cuatro de estos pines pueden ser usados para funciones del reloj de salida de comparación (OC), tres para la captura de entrada (IC) y un pin bidireccional.

PUERTO B.- Es un puerto de salida de propósito general en el modo Single-Chip; en modo expandido el puerto es usado como la parte alta de la dirección de líneas del bus de direccionamiento.

PUERTO C.- Puerto de I/O bidireccional, de propósito general de 8 bits, con un registro de datos (PortC) y un registro de dirección de datos (DDRC) donde cada pin es controlado independientemente. En modo single-chip es considerado de propósito general (PC7-PC0). En modo expandido, PORTC es un bus de datos (D7-D0).

PUERTO D.- Es un puerto de 6 bits bidireccional, de propósito general, con un registro de datos (PORTD) y registro de dirección de datos (DDRD). En todos los modos, el puerto (D5-D0) puede ser usado como de propósito general, o para los sistemas de comunicación serial (SCI y SPI).

PUERTO E.- Puede ser usado como puerto de propósito general (PE7- PE0) y para entradas al canal del convertidor analógico/digital (A/D).

PUERTO F.- Es un puerto de salida, en modo single-chip se considera de propósito general como direccionamiento de la parte baja (A7-A0) y es considerado como bus de direccionamiento si se usa en modo expandido.

PUERTO G.- Es un puerto de propósito general de I/O, con un registro de datos (PORTG) y un registro de dirección de datos (DDRG). Los cuatro bits superiores (PG7-PG4) pueden ser usado como salidas de selección de chip (chip-select) en modo expandido.

CONVERTIDOR A/D (ANALÓGICO/DIGITAL)

El convertidor A/D del MC68HC11F1 usa la técnica de carga de redistribución a toda su capacidad para convertir señales analógicas a valores digitales. El sistema analógico/digital cuenta con 8 canales, es de 8 bits, de entradas multiplexadas, con convertidor de aproximaciones sucesivas, con una exactitud de ± 1 del bit menos significativo. El multiplexar las señales permite que la señal del convertidor seleccione a 1 de 16 señales analógicas. Donde las líneas Vrh y Vrl proveen la referencia de la entrada de la fuente de voltaje.

TIMER PRINCIPAL (RELOJ PRINCIPAL)

Los timers permiten generar interrupciones en un programa de forma periódica, miden valores externos, cuentan eventos externos y generan formas de onda de salida.

El reloj principal se basa en un corrimiento del contador de 16 bits, con cuatro etapas programables del preescalador. Cuenta con tres canales de captura de entradas independientes y cuatro funciones de comparación de salida.

Las interrupciones del circuito de tiempo real, están basadas en el reloj principal de 16 bits. Todas las funciones del timer tienen control a interrupciones y vectores de interrupción separados.

La captura de entrada y la comparación de salidas son elementos fundamentales para el timer (reloj). Las funciones de captura de entrada, para cuando ocurren eventos externos del reloj, y las funciones de comparación de salida, para cuando un programa en acción ocurre en un tiempo específico, ya que para el MCU, físicamente el tiempo esta representando por un contador de 16 bits de libre corrimiento, siendo este contador el elemento central del reloj principal.

ACUMULADOR DE PULSOS

El MC68HC11F1 cuenta con un sistema que se basa en un contador de 8 bits y que puede ser configurado para operar en dos modos básicos: como contador de eventos o como acumulador de tiempo compuerta. El pin 7 del puerto A, actúa como una entrada de reloj o como una señal de compuerta según sea el caso, para habilitar el libre corrimiento del reloj. El contador acumulador de pulsos no es afectado por el reset y puede ser leído o escrito.

En la figura 3.2, el diagrama de bloques muestra la manera en que se encuentra configurado el microcontrolador MC68HC11F1.

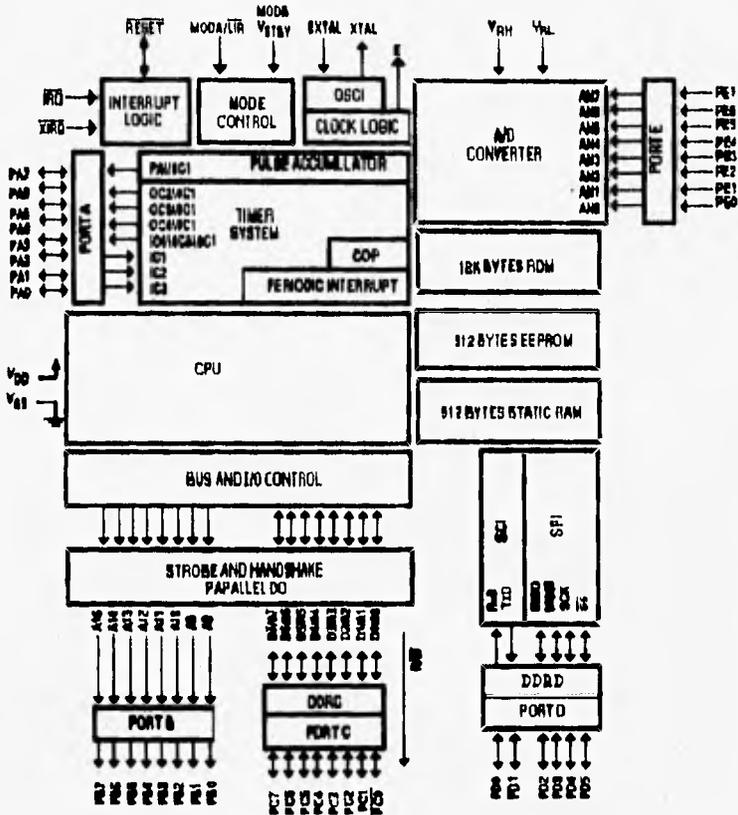


Figura 3.2 Diagrama de Bloques

MANEJO INTERNO DEL MC68HC11

En el MC68HC11 el CPU es el responsable de la ejecución de todas las instrucciones de software en el programadas. Ejecuta mas de 256 instrucciones. La arquitectura del MC68HC11 controla todos los periféricos de I/O, y la localización de memoria para identificarla como localidades en el mapa de memoria de 64Kbytes.

Entre las mejoras más significativas, se encuentra un set de instrucciones que vincula los dos acumuladores de 8 bits en un doble byte acumulador, es decir, los dos bits acumuladores (A y B) se convierten en un solo acumulador (registro D), permitiendo un procesamiento interno de 16 bits con una substancial mejora en la salida, aún cuando el CPU es de 8 bits.

MODELO DE PROGRAMACIÓN

Existe dentro de la familia de microcontroladores un modelo de programación general a seguir por los miembros de la familia MC68HC11, aunque en algunos de estos hay algunas diferencias.

El modelo de programación a seguir esta formado de la siguiente manera:

REGISTROS DEL CPU

Son siete registros del CPU disponibles para la programación:

- Dos acumuladores de 8 bits, acumulador A y acumulador B, para retener operandos y resultados de operaciones aritméticas o manipulación de datos.

Algunas instrucciones usan una combinación de estos dos acumuladores como un acumulador individual de 16 bits llamado registro D, el cual permite un conjunto de operaciones de 16 bits aun cuando el CPU es técnicamente un procesador de 8 bits.

- Dos registros de índices de 16 bits (X y Y) que generalmente apuntan a un dato. Son usados para el modo de direccionamiento indexado.
- Un registro contador del programa PC (program counter), es un registro de 16 bits que retiene las direcciones de la siguiente instrucción a ser ejecutada. Nos da la secuencia de la ejecución del programa .
- Un registro de Stack Pointer SP (apuntador de pila), esta pila se encuentra dentro de los 64 Kbytes del espacio de direccionamiento. El stack pointer es usado para las llamadas a subrutinas, interrupciones y almacenamiento temporal de valores de datos.
- Y un registro de banderas de estado CCR (o registro de condición de código) que nos indica la condición en la que se encuentra el registro de referencia. Contiene 5 indicadores de estado, dos interrupciones mascarables, y un bit de paro (STOP).

MODOS DE DIRECCIONAMIENTO

En el MC68HC11 se usan seis modos de direccionamiento que pueden ser usados para referirse a la memoria: inmediato, directo, extendido, indexado, inherente y relativo. Cada modo de direccionamiento es generado internamente.

Modo Inmediato: el argumento actual esta contenido en el byte(s) inmediato siguiente de la instrucción, donde el numero de bytes da el tamaño del registro. Estas son instrucciones de dos, tres o cuatro bytes.

Sintaxis : Instrucción #Sdato

Modo Directo: El byte menos significativo para la dirección del operando esta contenido en un byte siguiente y el byte más significativo se encuentra en la dirección \$00.

Sintaxis: Instrucción \$Dir. en 8 bits

Modo Extendido: Aquí, el segundo y tercer byte contienen la dirección absoluta del operando. Estas instrucciones son tres o cuatro bytes.

Sintaxis: Instrucción \$Dir. en 16 bits

Modo Indexado: Uno de los registros índices, es usado para el calculo de la dirección efectiva.

Sintaxis: Instrucción \$offset,reg X o Y

Modo Inherente: Toda la información esta contenida en el código. Los operandos son registros y son usualmente uno o dos bytes de instrucciones.

Sintaxis: Instrucción inherente

Modo Relativo: Es usado para una rama de instrucciones. Estas son instrucciones de dos bytes. Son salto condicionales o no condicionales.

Sintaxis: Instrucción \$Dir.

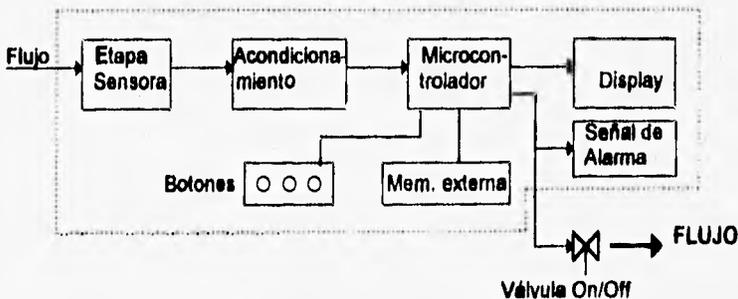
El conjunto de instrucciones manejadas por el MCU68HC11 están divididas en grupos funcionales de instrucciones. Aunque algunas están en mas de un grupo. Estos grupos son:

- **Almacenamiento, transferencia y carga:** estas instrucciones están asociadas con los acumuladores, pues casi todas las actividades realizadas por el MCU involucran transferencias de datos o resultados desde la memoria o periféricos al CPU y viceversa.
- **Operaciones aritméticas:** Este grupo de instrucciones soporta operaciones aritméticas de variedad de operandos de 8 y 16 bits siendo soportadas directamente y pueden ser fácilmente extendidas para soporte de operandos de múltiples palabras.
- **Operaciones de multiplicación y división:** Estas instrucciones de multiplicación de 8 bits por 8 bits producen resultados de 16 bits y las de división son de 16 bits por 16 bits con resultado de 16 bits.
- **Operaciones lógicas:** Este grupo de instrucciones son usadas para operaciones lógicas booleanas AND, OR y OR exclusiva .
- **Manipulación de bits y datos :** Este grupo es usado para operar en operandos tan pequeños como un simple bit, pero también pueden operar sobre una combinación de bits .
- **Rotaciones y corrimientos:** Todas las funciones de corrimiento y rotación involucran acarreo en instrucciones de 8 o 16 bits.

Capítulo IV

DISEÑO DEL MEDIDOR DE FLUJO

El medidor de flujo diseñado es un dispositivo de velocidad o tipo turbina, básicamente está constituido por un transductor, una etapa de acondicionamiento, el microcontrolador que para su operación requiere de la tarjeta SIMMP-2¹, un display de salida, interruptores de selección, una etapa de verificación de un límite establecido que activa una válvula on/off y el software correspondiente diseñado para el microcontrolador.



¹ La SIMM-2 es un Sistema de Interfazado con Microcomputadora y Microcontrolador en Paralelo

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

Etapa Sensora

En esta etapa se pueden utilizar turbinas con diferentes tipos de detectores de señal como pueden ser: turbina con bobina de captación o turbina con detector magnético de proximidad tipo "reed" como se mencionan a continuación, haciendo resaltar que para el diseño del medidor de flujo se utilizó la turbina con el detector magnético de proximidad tipo "reed".

Los medidores de tipo velocidad miden el consumo de agua basándose en una turbina en cuya salida (por bobina de captación o por detector magnético de proximidad) presenta una serie de pulsos. El medidor de velocidad aprovecha el flujo de agua en movimiento para hacer girar la turbina que da como salida la generación de pulsos y cuya velocidad varía según el flujo de agua. Cada pulso representa un volumen de agua determinado entre dos álabes de la turbina. Como se muestra en las figuras 4.1 y 4.2 respectivamente.

Cuando el flujo de agua pasa a través de los álabes de la turbina éstos se hacen girar. Cada uno de los álabes de la turbina tiene colocado un imán permanente que al pasar cerca del interruptor de proximidad (de tipo "reed"), hace que al contacto de éste último se cierre generando un pulso.

Un valor importante para calibrar el medidor es el volumen del líquido que circula entre álabe y álabe correspondiente a cada pulso de salida. Este valor corresponde a una constante $K= 190$, es decir, cuando se han contado 190 pulsos de salida el microcontrolador interpreta un litro y lo registra en una localidad de memoria, donde se acumulan los litros.

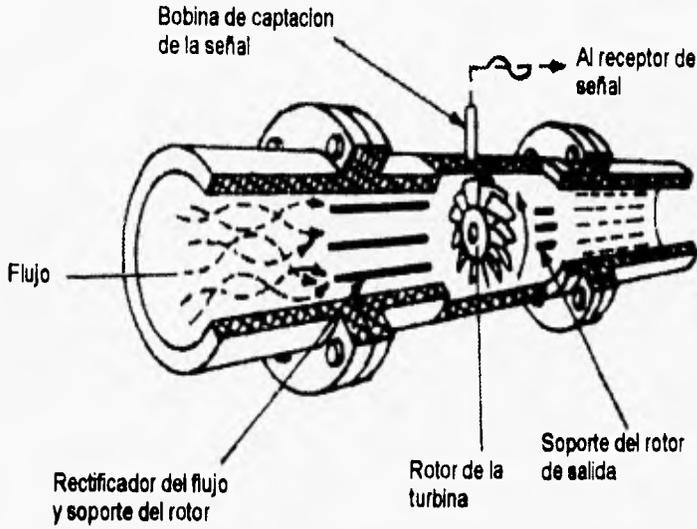


Figura 4.1 Turbina con bobina de captación de señal

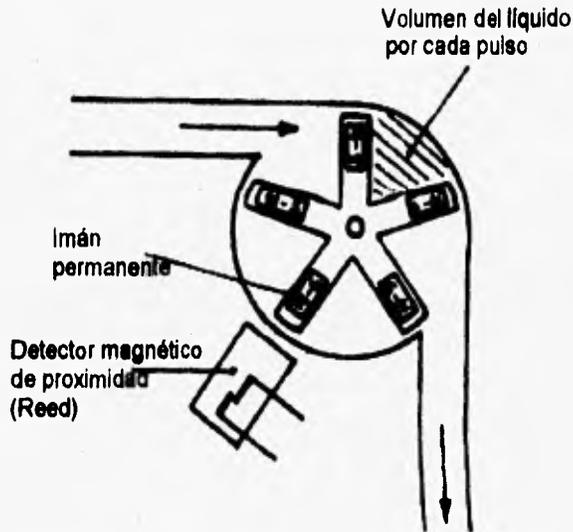


Figura 4.2 Turbina con detector magnético de proximidad tipo "reed"

Cálculo de la constante

Para el cálculo de la constante se hizo uso del dispositivo G30-A y G-30 marca Venetta, este último se muestra en la figura 4.3, para fines de determinar la constante y así efectuar las pruebas necesarias para el medidor de flujo diseñado.

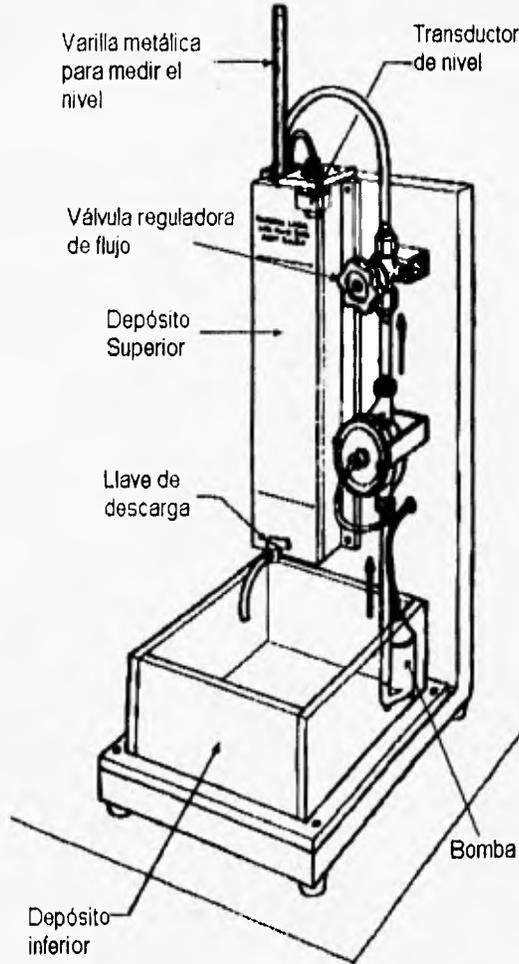


Figura 4.3 Dispositivo G-30

Para realizar el cálculo de la constante, se obtuvo el tiempo que se necesitaba para acumular un litro de agua. Esto se logró entre las dos marcas contenidas en el depósito superior mostrado en la figura 4.3, las cuales indican un litro. Se tomaron varias lecturas para tres diferentes posiciones de la válvula reguladora de flujo (100%, 50% y 10% de su capacidad de flujo). De cada una de estas lecturas se obtuvieron los promedios y se realizó el cálculo de la constante.

1. Dividiendo el volumen del líquido medido (1litro) entre el tiempo promedio obtenido se determina el caudal en unidades de litros/minuto.

$$\text{Caudal} = \frac{1 \text{ lit}}{19.86 \text{ seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

$$C = 3.02 \text{ lit/min}$$

2. Tomando la lectura de la frecuencia de la señal del osciloscopio se obtuvo:

$$F = 9.55 \text{ Hz} = 9.55 \text{ (ciclos/seg)} * 60 \text{ (seg/min)}$$

$$F = 573 \text{ ciclos/min}$$

3. Donde la constante K

$$K = F * \frac{1}{C}$$

$$K = 189.73 \frac{\text{ciclos}}{\text{litro}} = 190 \frac{\text{ciclos}}{\text{litro}}$$

ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL

La etapa de acondicionamiento es utilizada para que la señal proveniente de la turbina (pulsos eléctricos) se vea libre del ruido causado por el interruptor de tipo "reed" debido a las vibraciones que genera éste, esto es, la señal que viene del

transductor es filtrada a través de un circuito RC y cuadradas por un inversor smitch trigger, así la señal recibida por el microcontrolador es más confiable. Ver figura 4.4

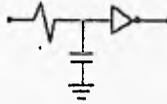


Figura 4.4 Etapa de acoplamiento

MICROCONTROLADOR

Esta etapa es la principal del sistema, debido a que el diseño del medidor se centra básicamente en el microcontrolador. Aquí se efectúan todas las operaciones requeridas como recepción y envío de información, así como también el conteo de los pulsos que se generen por la turbina para ser almacenados y procesados. Mantiene una comunicación continua con los periféricos utilizados.

DISPOSITIVO DE SALIDA (DISPLAY)

En esta etapa se despliega la información almacenada y procesada por el microcontrolador. En la pantalla se muestra continuamente la fecha actual y el gasto en el momento (GM) en unidades de litro/minuto. Otras opciones que se pueden desplegar son: Gasto Acumulado, Gasto Promedio Mensual y Gasto Promedio Semestral expresados en unidades de metros cúbicos.

SEÑAL DE ALARMA

En esta etapa se toma en cuenta un llmite máximo de flujo de agua, en este caso, 50 lit/min. Si el flujo de agua sobrepasa o llega a este máximo, el microcontrolador envía un nivel alto al puerto C que cuando pasa a través de un relevador lo acciona, activando el led que indica que el nivel de agua llegó al llmite

establecido y a su vez, el relevador acciona una válvula On/Off que para este caso se cierra, no permitiendo el paso del agua. Una vez que se llega a este límite, es necesario disminuir la velocidad del flujo de agua.

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

En la figura 4.5 se presenta de forma general el dispositivo implementado, donde se muestran los elementos de que está constituido.

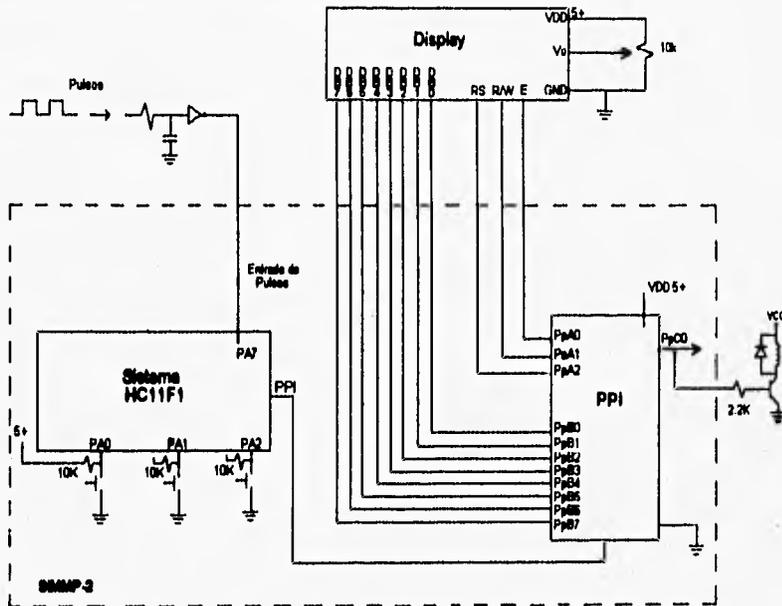


Figura 4.5 Diagrama del Hardware

Los elementos principales que integran y forman parte del dispositivo diseñado son:

- Tarjeta SIMMP-2

- Dispositivos periféricos (PPI)
- Dispositivos de salida
- Botones de selección

SIMMP-2

La tarjeta SIMMP-2 para su aplicación en el desarrollo del medidor, es acondicionada para asegurar que los componentes de la tarjeta estén debidamente configurados para el correcto funcionamiento de la misma.

La tarjeta SIMMP-2 es una herramienta de trabajo basada en el MCU MC88HC11 versión F1, puede ser empleada como computadora autónoma o como una arquitectura en algún sistema o aplicación. Está diseñada para trabajar en cualquiera de los modos de operación del microcontrolador, según sea la colocación de los jumpers. Para esta aplicación la tarjeta se encuentra en Modo Expandido como se muestra en la figura 4.6.

Entre sus características cuenta con:

- Memoria EPROM y RAM Externa de 8.0 Kb.
- Conexión de más puertos (puertos PPI).
- Conectores para alimentación y para comunicación con la PC por medio del SCI.
- Grabador de memoria.

Requerimientos De Operación

Para la operación de la tarjeta es necesario una fuente de poder (regulada en 5 Volts) y una terminal compatible al puerto serial.

- El jumper J18 permite la conexión de polarización a una fuente externa.
- El jumper J1 permite la conexión al botón de Reset externo,
- Los jumpers J4 y J5 configuran el modo de operación en que se va a trabajar
- El mapa de puentes (Jumpers) de la SIMMP-2, muestra la manera de configurar dichos jumpers para que la tarjeta opere en Modo Expandido, que es el correspondiente a nuestra aplicación.

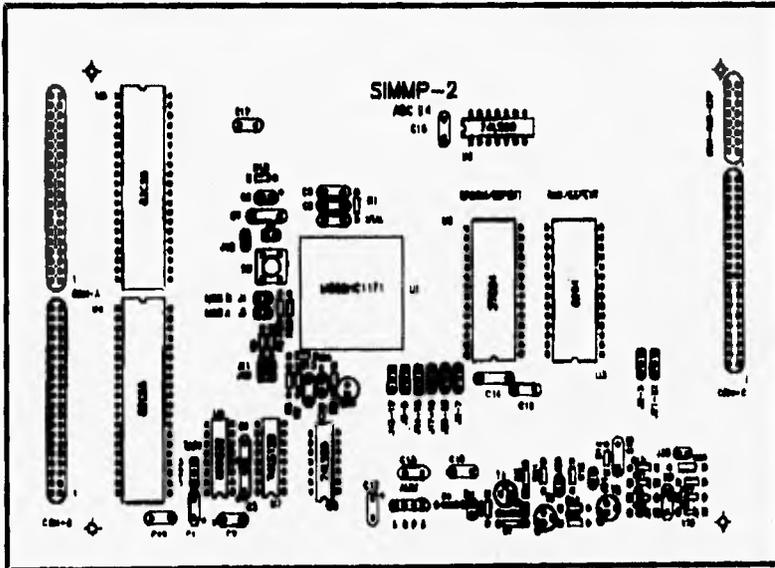


Figura 4.6 Tarjeta SIMMP-2

MAPA DE MEMORIA DEL MODO EXPANDIDO

Al trabajar en cualquiera de los modos de operación del microcontrolador, la SIMMP-2 cuenta con un mapa de asignación de memoria para cada uno de ellos. En la figura 4.7 se muestra el mapa de memoria en modo expandido; que es el modo de operación con que se trabaja.

AMBIENTE PUMMA

La tarjeta SIMMP-2, trabaja con un programa monitor conocido como PUMMA² (Programa de Unificación hexadecimal entre la CMT SIMMP-2 basada en el Microcontrolador 68HC11 y una Microcomputadora Anfitriona de tipo PC), para uso didáctico en aplicaciones con el Microcontrolador MC68HC11F1. Este programa permite la comunicación con la tarjeta SIMMP-2 mediante la SCI (Serial Communication Interfase) y por medio de éste se tienen las capacidades de :

- Probar en RAM programas en lenguaje máquina del MC68HC11F1 y de alto nivel (Lenguaje C).
- Importar código objeto generado en Lenguaje Ensamblador (*.s19).
- Manejo de Memoria.

Programar la EEPROM Interna y la EPROM Externa

Examinar memoria

Cargar bloques en RAM

Lectura y Escritura en RAM

Cargar datos en memoria

² Desarrollado por el Ing. Antonio Salvá Calleja del Departamento de Control.

MAPA DE MEMORIA DE LA CMT SIMMP-2 OPERANDO EN MODO EXPANDIDO

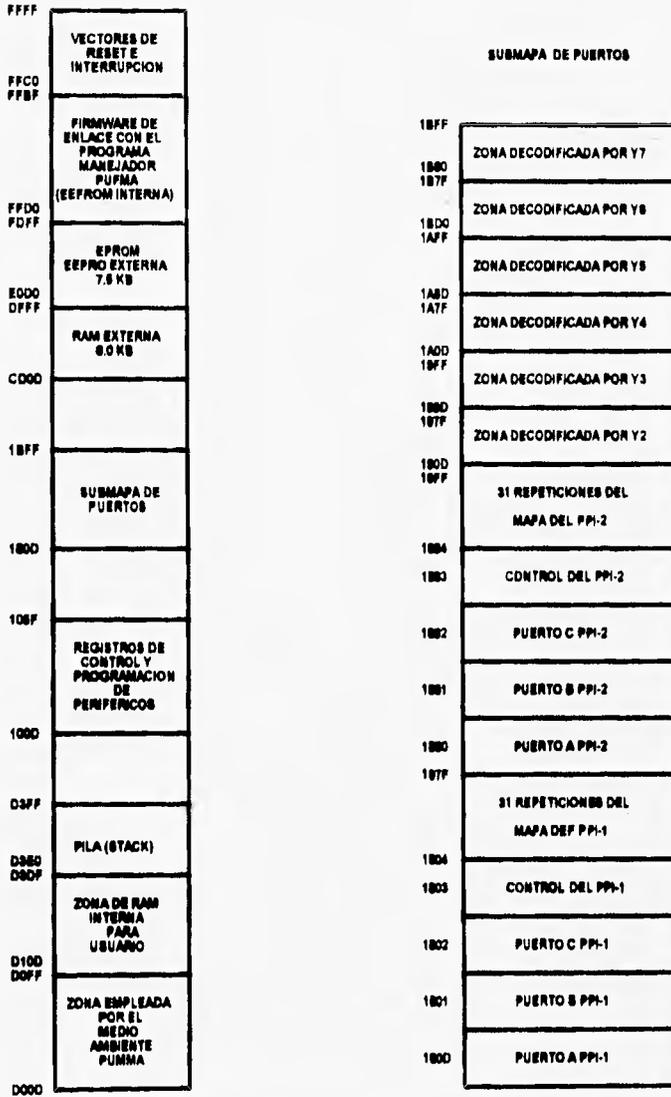


Figura 4.7 Mapa de memoria de la SIMMP-2

- Edición de programas en Lenguaje Máquina.
- Manejo de disco (*.lem, *.blm, *.s19 y *.hex).
- Manejo de programas en modo Bootstrap.

IASM11

La operación de ensamblado y evaluación es efectuada por medio de un programa externo conocido como IASM11, donde se realizan los programas que van a ser ejecutados posteriormente en el microcontrolador por medio de PUMMA. IASM11 provee la norma de comunicación con archivos con extensión S19 que es la norma con la cual trabajan las familias de microcontroladores.

PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE (PPI)

A través de los puertos PPI (Programmable Peripheral Interface), se puede conectar a la tarjeta hardware adicional que vaya a ser utilizado para una determinada aplicación.

El PPI Intel 8255A es un dispositivo programable de entrada/salida de propósito general diseñado para uso con microcontroladores. Tiene 24 pines de entrada/salida los cuales pueden ser programados individualmente en dos grupos de 12 y usados en tres principales modos de operación.

En el primer modo (modo 0), cada grupo de 12 pines de entrada/salida pueden ser programados en conjuntos de 4 para salida o entrada. En el segundo modo (modo 1), cada grupo puede ser programado para tener 8 líneas de entrada o

salida. De los 4 pines que se tienen, 3 son usados para handshakings³ y control de señales de Interrupción. El tercer modo de operación (modo 2) es un modo de bus bidireccional el cual usa 8 líneas para el bus bidireccional, y 5 líneas, prestando uno del otro grupo, para handshaking.

Cuando el microprocesador opera en modo expandido existen tres puertos que son configurados para el uso del mismo (Puertos B, C y F) y por lo tanto no pueden ser utilizados . Dada esta especificación este tipo de conectores PPI utilizados por la tarjeta SIMMP-2, permiten la recuperación de puertos de entrada y/o salida asignados a direcciones en el mapa de memoria de la SIMMP-2, mostrada en la figura 4.7. Con los dispositivos PPI, no sólo se recuperan los tres puertos utilizados por el microprocesador, sino que se tiene la ventaja de manejar tres puertos más.

DISPOSITIVO DE SALIDA

Esta parte se implementa con un display LCD. Las siglas LCD significan Display de Cristal Líquido. El dispositivo es del tipo: **AD 841 16 caracteres x 2 líneas.**

Entre las características generales que presenta este tipo de display son:

- Alto contraste, limpiado de display
- Bajo voltaje, +5 Volts con una sola fuente de suministro
- Rango de temperatura desde 0° C hasta 75° C.
- Control LSI con desplegado de RAM y generador de caracteres ROM
- Interface directa a 4 u 8 bits al CPU
- 11 o más comandos de control.

³ Se refiere a las líneas de control de flujo de datos para la comunicación entre dos dispositivos. Se puede dar un handshaking ya sea por medio de software o hardware.

La transferencia de datos en estos displays puede efectuarse de dos maneras mediante dos ciclos con datos de 4 bits o en un ciclo con un dato de 8 bits, de manera que pueden conectarse tanto a CPU's de 4 como de 8 bits.

Cuando el dato es de 8 bits, éste es transferido a través del uso de una palabra completa de 8 a partir del pin DB0 al DB7.

Cuando el dato es transferido con una longitud de 4 bits, se usan solamente cuatro líneas de DB7 a DB4 y DB3 a DB0 no son usadas. La transferencia de datos entre el módulo del CPU de 4 bits se termina cuando el bit de orden más alto es transferido, seguido por el de orden más bajo.

Dentro de las propiedades más importantes de estos displays se encuentran sus funciones que permiten programarlo internamente, ya sea para inicializarlo, verificar su estado actual, sus registros, etc. Es importante destacar que es necesario llevar a cabo la inicialización del display antes de su uso en algún programa de interacción con el CPU ya que de otra manera no funcionará adecuadamente, debido a que en la inicialización se especifican las características sobre las cuales va a trabajar.

BOTONES DE SELECCIÓN

Los botones utilizados permiten acceder información requerida por el usuario como es: el Gasto Acumulado, el Gasto Promedio Mensual o el Gasto Promedio Semestral, es decir, representan una interrupción que se genera en el microcontrolador, para presentar la Información de los gastos mencionados anteriormente.

DISEÑO DEL SOFTWARE

En el diagrama general mostrado en la figura 4.8, se puede apreciar de manera esquemática las etapas que componen el diseño y la relación entre ellas, permitiendo seguir con una ruta de trabajo para el problema global.

La secuencia con la cual trabaja el microprocesador, con las distintas etapas que conforman el sistema son:

- Inicialización del display.
- Generación de la fecha.
- Lectura del gasto real (lit/min).
- Cálculo del gasto promedio mensual y semestral.
- Cálculo del gasto acumulado(m³).
- Verificación del nivel del gasto real.

En el momento en el que se inicializa el microcontrolador, el display muestra la fecha actual, mientras tanto, el acumulador de pulsos⁴ está en espera de los pulsos generados por la turbina, para realizar la cuenta del gasto. El display continuamente estará mostrando la fecha y el gasto en el momento, el cual se indica en litros/minuto.

Una vez que el microcontrolador ha recibido información se encuentra disponible para que en cualquier momento en que sea presionado alguno de los botones de selección, pueda mostrar la información requerida por éste. Los botones de selección tienen las siguientes funciones:

⁴ Es un sistema contador /reloj de 8 bits que puede ser configurado en cualquiera de sus dos modos de operación:
1) Contador de eventos, 2) Modo de acumulación por tiempo

Diagrama General

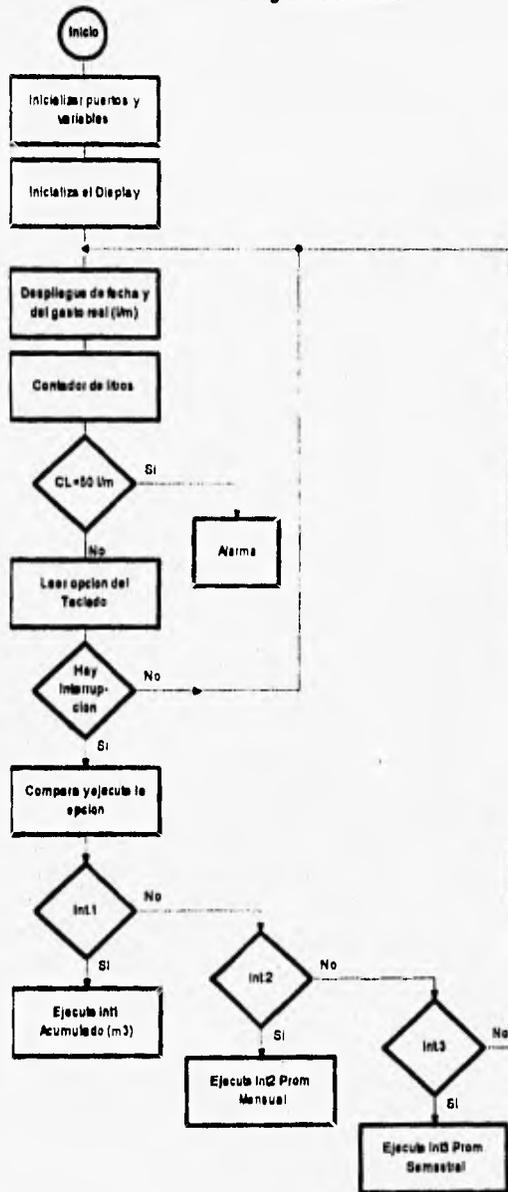


Figura 4.8

- Botón 1.- Presentar el gasto acumulado que se lleva hasta el momento de que es presionado este botón.
- Botón 2 .- Desplegar el calculo del gasto promedio mensual
- Botón 3.- Mostrar el calculo del gasto promedio semestral.

Dependiendo de la elección, el microcontrolador ejecutará alguna rutina de instrucciones acorde, sin embargo, el sistema continúa con el proceso de conteo de litros y cuando se termina de ejecutar la opción elegida mediante algún botón, el programa regresa a la posición donde se encontraba antes de haber sido seleccionada alguna de las opciones y continúa trabajando hasta que otro botón sea presionado de nuevo.

En los diagramas de flujo que se muestran, se aprecia de una manera más descriptiva, el funcionamiento de los bloques antes mencionados y que son la base para poder obtener el programa realizado para nuestra aplicación.

DIAGRAMA GENERAL

Como primer paso se ejecuta la inicialización de puertos y de variables del microcontrolador, así como también se inicializa el display. Estos pasos preparan el microcontrolador para que empiece a trabajar; inicia con el despliegue de la fecha y se encuentra en disposición de recibir la información que va a ser procesada, es decir, se encuentra en espera de recibir los pulsos generados por la turbina y detectados por un sensor para poder realizar la medición del gasto en el momento (litro/min). La medición del gasto en el momento se lleva a cabo con los pulsos leídos por el acumulador que posteriormente son almacenados en un contador para ser convertidos a litros/minuto y ser desplegados continuamente. También, verifica que el valor del gasto en el momento no llegue al límite de 50 litros/minuto según las

especificaciones del medidor, y en caso de comprobarse que llega al valor indicado, se envía una señal de alarma que indica que el flujo debe ser disminuido, evitando con esto posibles fugas de agua y otros daños posteriores.

Mediante los botones, se efectúa una comunicación externa con el microcontrolador, dicha comunicación se realiza por medio de una interrupción⁵, permitiendo tener acceso a un proceso determinado dependiendo del botón que sea presionado, entonces el microcontrolador detecta la opción elegida y la ejecuta. Cada uno de los botones realiza una función: la primera opción despliega el gasto acumulado, la segunda el gasto promedio mensual y la última el gasto promedio semestral, representados en unidades de metros cúbicos, como se muestra en la figura 4.8.

INICIALIZACIÓN DEL DISPLAY

Cuando se inicia el programa, se especifican las características con las que trabaja el display, como :

- Selección del tamaño del bus.
- Corrimientos a la izquierda o a la derecha.
- Especificación de la dirección inicial del cursor.
- Encendido del Display.

Una vez especificado lo anterior se lee el registro donde se almacena el valor que representa el día, realizando la conversión a decimal, y presentándola en el display. Este proceso se repite para desplegar los valores que representan el mes y

⁵ Interrupción: Es una forma de suspender temporalmente la ejecución de un programa, así el CPU puede estar disponible para atender un conjunto de instrucciones que están en espera de ser atendidas cuando se genera este.

el año. Esta rutina de despliegue de fecha es en forma continua, ya que comúnmente aparecerá en la parte superior derecha del display.

Continuamente al despliegue de la fecha, también se presenta el gasto en el momento (lit/min.); los otros gastos son desplegados conforme se requiera, seleccionándolos por medio de los botones, representado en la figura 4.9.

GENERACIÓN DE LA FECHA Y CONTEO DE PULSOS

Descripción de los contadores utilizados:

El contador1 se incrementa cada vez que se produce una interrupción, dicha interrupción tiene un periodo de 10 ms, el valor almacenado en el contador1 se compara con el valor de #51770 que está en código hexadecimal y que equivale a un minuto, si la comparación se cumple, se incrementa el contador2 y el registro se limpia para volver a almacenar el siguiente dato cuando se produzca una nueva interrupción.

El contador2 almacena los minutos generados por el contador1, y dicho valor es comparado con #05A0 hex. equivalente a los 1440 minutos que tiene un día. Una vez que la comparación se cumple, se incrementa el contador3 y el registro se limpia.

El contador3 almacena los días que se generan a través del contador2, es decir, se incrementa cuando se cumple la comparación que corresponde al contador2; el valor almacenado en el contador3 se compara con los valores que contiene una tabla, la cual se encuentra almacenada en la memoria EEPROM, dicha tabla contiene el número de días con que cuenta cada mes.

ENCENDIDO DE DISPLAY PARA DESPLIEGUE DE FECHA

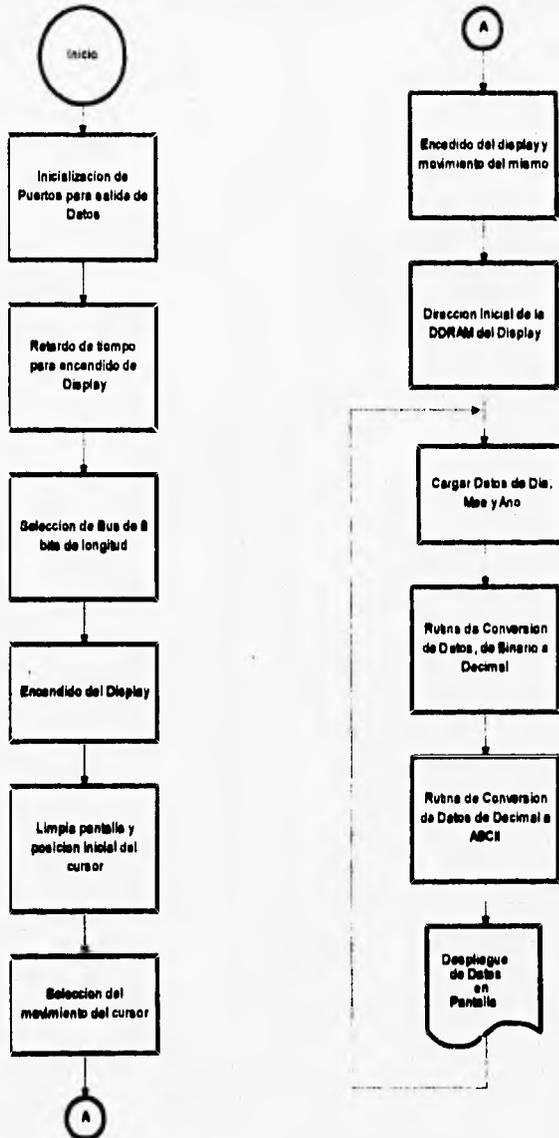


Figura 4.9

Para poder realizar las comparaciones correspondientes entre el valor almacenado en el contador3 con el valor del mes, existe un espacio de memoria con los valores almacenados en código hexadecimal de cada mes (*llamada Tabla*). El barrido de la tabla se realiza de manera secuencial, es decir, de donde se encuentre el apuntador hacia abajo. La tabla 4.1 muestra como está configurada la *Tabla*.

MES	DIAS (HEX)
ENERO	1F
FEBRERO	1C
MARZO	1F
ABRIL	1E
MAYO	1F
JUNIO	1E
JULIO	1F
AGOSTO	1F
SEPTIEMBRE	1E
OCTUBRE	1F
NOVIEMBRE	1E
DICIEMBRE	1F

Tabla 4.1

Durante el barrido de la tabla se hace referencia al mes de febrero, en caso de que sea año bisiesto, se incrementa en uno el número de días de éste para ser considerado en el despliegue de la fecha en el display.

En el contador4 se almacenan el número de meses que van transcurriendo y hace la comparación con el valor de 0C hex. equivalente a 12 meses, con el que se lleva el conteo de los años.

Operación:

Las figura 4.10a, b y c. muestran la forma como se genera la fecha en la cual se utiliza la interrupción Output Compare (OC2). Ya que la frecuencia del secuenciador de tiempo (Cristal Oscilador) es de 2 Mhz, para la generación de un minuto se requieren 6000 retardos (1770 Hex) de 10 ms. Cada minuto el

contador1 se incrementa hasta alcanzar 1440 minutos (050A Hex, que representa un día), esto provoca el incremento del contador2 . Este último se incrementará hasta alcanzar un valor que será comparado con una tabla de meses previamente almacenada en un espacio de la memoria EEPROM. Si el número de días en el contador2 es igual a alguno de los meses (especificado por número de día y una bandera lógica de activación) se incrementará el contador3 que es el contador de meses. Cuando este último contador alcanza 12 meses (0C Hex) se incrementa el contador4 que es el contador de años.

CONTEO DE PULSOS

Para este conteo se utiliza el acumulador de pulsos por medio del cual se obtiene el gasto real expresado en litros por minuto y el gasto total acumulado en metros cúbicos. Los pulsos se convierten a litros de acuerdo al valor de una constante que representa un litro (1 litro = 190 pulsos). Los litros son almacenados en un contador, los cuales son utilizados para realizar las operaciones que sean requeridas por el sistema.

Dentro de las operaciones requeridas en el sistema se encuentra el Gasto en el momento y el Gasto Acumulado:

Gasto en el Momento. Para obtener este gasto, se hace la lectura del registro correspondiente a los litros almacenados cuando inicia un minuto y de un segundo registro al final de éste; posteriormente se toman los valores almacenados y se realiza una resta del primer valor leído con el segundo valor. El despliegue del gasto en el momento es en litros por minuto.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA GENERAR LA FECHA

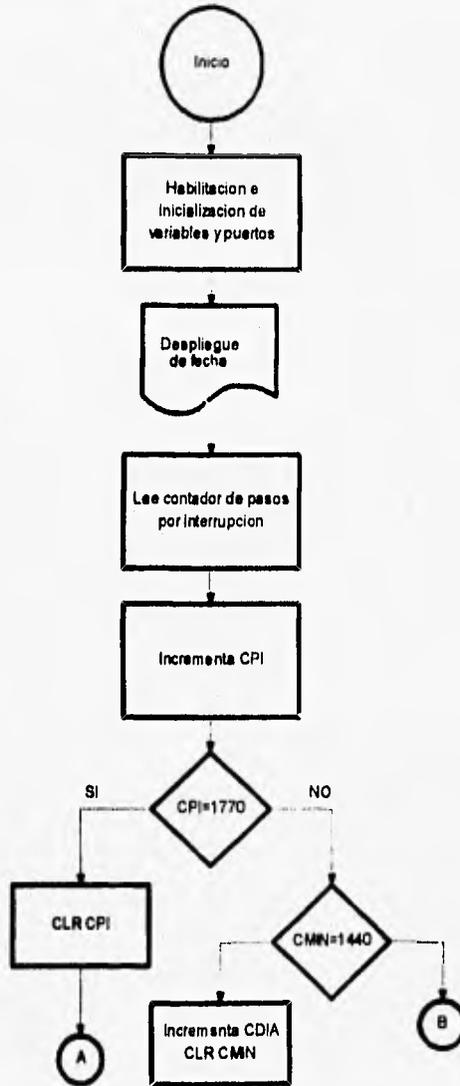


Figura 4.10a

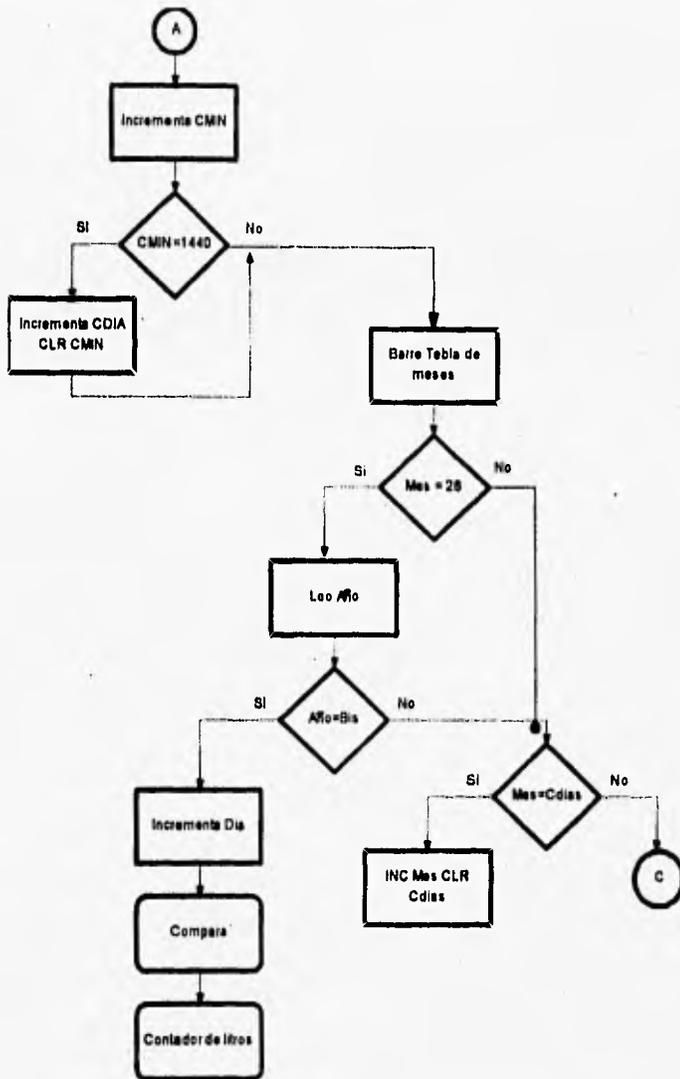


Figura 4.10b

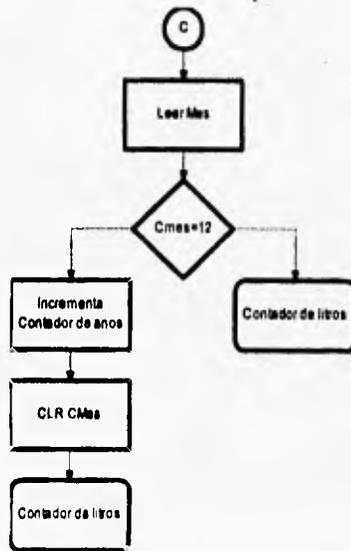


Figura 4.10c

Gasto Acumulado. Para el gasto acumulado, existe un registro en donde se acumula el gasto continuamente. Las unidades en que se despliega éste son en metros cúbicos (m³).

PROMEDIO MENSUAL

En el promedio mensual, se toma en cuenta el gasto acumulado de cada uno de los meses hasta que ocurre una interrupción, es decir, cuando es presionado el botón correspondiente a este gasto y dependiendo del mes en que haya quedado en el momento en que se presione el botón, se hace la suma de los gastos acumulados de los meses anteriores incluyendo el mes en el que se dió la interrupción y se dividen entre el número de meses que hayan estado en consideración. El almacenamiento del promedio mensual se muestra en la figura 4.11.

ALMACENAMIENTO DE PROMEDIO MENSUAL

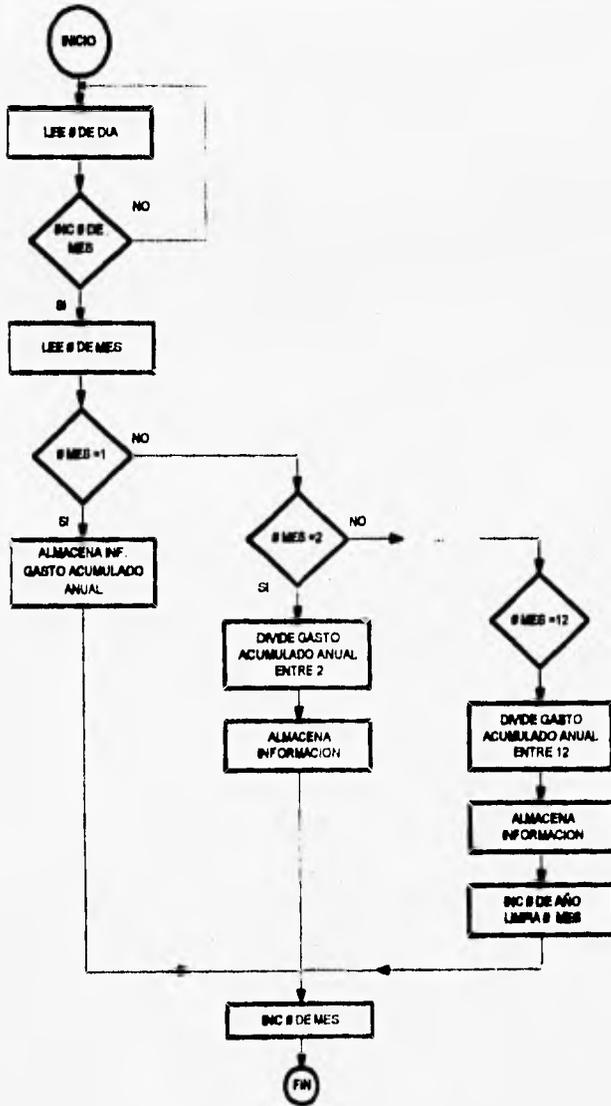


Figura 4.11

PROMEDIO SEMESTRAL

Para el promedio semestral, se utiliza el gasto promedio mensual, cuando es presionado el botón correspondiente al gasto promedio semestral se realiza la suma de los seis promedios mensuales anteriores al mes en el cual fue presionado el botón. En caso de que se encuentre en el primer mes y como se tiene el gasto acumulado del año que transcurrió el cálculo del promedio semestral es dividido entre dos. El promedio semestral se muestra en la figura 4.12.

PROMEDIO SEMESTRAL

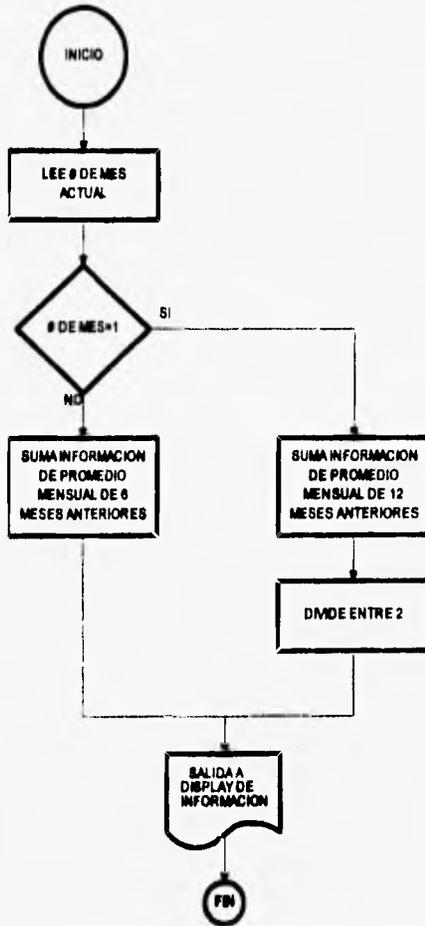


Figura 4.12.

Capítulo V

PRUEBAS DE DISEÑO

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con el software y hardware desarrollados para la implementación del medidor de flujo de agua.

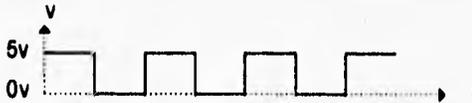
Durante el desarrollo de las pruebas se tomaron en consideración cuatro tipos :

- Una de las primeras pruebas realizadas fue con el push-botton. Por medio de este botón y el software desarrollado se introdujeron pulsos de niveles de 0v y 5v, dichos pulsos generados por este botón son introducidos a una etapa de acondicionamiento para que posteriormente sean tomados por el microcontrolador para realizar las diferentes operaciones que tiene asignado en el programa como por ejemplo el cálculo de los gastos, en el programa solo se toman en consideración los niveles de 5v.

En estas primeras pruebas la constante con la cual se trabajaba era de 10 pulsos por litro, ya que el valor de la constante aun no era determinado, además de

ser un valor accesible para realizarse estas pruebas. También se implementó una etapa de acondicionamiento para eliminar el ruido, ya que en el push-botton se generaban pequeñas vibraciones (ruido) en la señal de salida, es decir, los pulsos no salían completamente cuadrados, y al no salir limpia la señal, las pequeñas vibraciones eran tomadas en cuenta como pulsos por el microcontrolador.

Señal generada por el push-botton:



En la tabla 5.1 se presentan algunas de las pruebas tomadas:

Pulsos	Litros
10	1
50	5
100	10
****	****

Tabla 5.1

- Con el generador de señales también se hicieron pruebas similares a las realizadas con el push-botton, los pulsos generados deben tener un nivel de voltaje de 5 volts en DC y un nivel de offset; por otro lado este instrumento se utilizó para la calibración del medidor de flujo de agua implementado, obteniendo con esto la cantidad mínima de agua que puede medir dicho dispositivo, así como la cantidad máxima, cabe señalar que el display en el cual se muestra el gasto en el momento dado en unidades de lit/min, no alcanza a mostrar gastos mayores a 50 lit/min ya que es el límite establecido en la norma oficial mexicana nom-012 según la Comisión Nacional del Agua, haciendo resaltar que el microcontrolador es capaz de medir frecuencias de hasta 50 Khz que corresponden a un caudal de: 15789 lit/min. Asimismo en el gasto acumulado, en el gasto mensual y en el

gasto semestral también se tiene un límite, el cual está establecido en el diseño del dispositivo.

La constante utilizada para las pruebas con el generador de señales fue en un principio de 10 pulsos/litro y posteriormente fue cambiada a 190 pulsos/litro debido a que fue la constante calculada con el módulo G-30A. La constante considerada en el diseño del dispositivo fue tomada del módulo antes mencionado debido a que este instrumento simula el paso del agua en una turbería, además de que se contaba con éste. Cabe mencionar que la constante utilizada dependerá de la turbina empleada en determinada aplicación. La frecuencia del generador representa la cantidad de flujo de agua.

En la siguientes tablas se muestran algunos de los valores tomados durante las pruebas realizadas con el generador de señales, donde se puede ver la exactitud y precisión del medidor. En la tabla 5.2 las lecturas fueron realizadas cada minuto, variando la frecuencia del generador.

Frecuencia Hz	Teórico litros	Práctico litros
1	0.315	0.31
5	1.57	1.55
10	3.15	3.13
15	4.65	4.66
20	6.21	6.21
25	7.76	7.77
30	9.31	9.32
35	10.86	10.87
40	12.42	12.42
45	13.97	13.96
50	15.52	15.53

Tabla 5.2

En la tabla 5.3 se muestra un ejemplo de las pruebas, donde se fijó la frecuencia de 5.2 Hz y las lecturas se realizaron cada minuto.

Tiempo (min)	Litros
1	1.60
2	1.60
3	1.60
4	1.60
5	1.60
6	1.60
7	1.60
8	1.60
9	1.60
10	1.60

Tabla 5.3

Como se muestra en la tabla anterior, se puede observar que a una frecuencia fija las lecturas son constantes. Por lo cual se puede decir que el medidor de flujo tiene una precisión aceptable.

Para verificar que la cuenta de los litros en promedio mensual, semestral y acumulado se tuvo que reducir el tiempo real para hacer los días de 2 minutos y se modificó la tabla real de los meses dando como los resultados mostrados en la tabla 5.4.

Mes	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4
Enero	1.99	1.55	0.96	1.55
Febrero	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0
Abril	23.41	31.06	10.82	0
Mayo	0	0	0	0
Junio	5.63	11.81	2.54	0
Julio	4.96	4.66	4.66	2.21
Agosto	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0
Octubre	8.14	12.42	7.34	40.33
Noviembre	0	0	0	0
Diciembre	19.00	23.30	7.45	0

Tabla 5.4

La tabla 5.5 nos muestra las lecturas tomadas al presionar los botones correspondientes al Gasto Promedio Mensual, Gasto Promedio Semestral y Gasto Acumulado todos en unidades de metros cúbicos.

Prom. Men.	Prom. Sem.	Gasto Acum.
0	0.006	0
0.008	0.006	0.006
0.003	0.006	0.009
0.002	0.071	0.011
0.017	0.071	0.028
0.014	0.091	0.043
0.015	0.107	0.058
0.015	0.107	0.067
0.013	0.107	0.077
0.011	0.148	0.87
0.014	0.148	0.084
0.013	0.221	0.83

Tabla 5.5

Podemos notar que al efectuar las operaciones para el cálculo del gasto promedio mensual, gasto promedio semestral y gasto acumulado con los datos de la tabla 5.4 y al comparar los resultados calculados con las lecturas obtenidas en la tabla 5.5 se comprobó que éstos concordaban.

- Otra de las pruebas que se realizaron fueron con el módulo G-30 que está constituido básicamente de una bomba que se alimenta con una fuente de 12 Volts, una turbina la cual opera con una fuente de 5 volts para generar los pulsos que tendrán la misma amplitud del voltaje suministrado y que a su vez es el voltaje requerido por el microcontrolador; los pulsos son generados debido a que cada ábabe de la turbina tiene un pequeño imán y por otro lado se tiene un sensor de contacto tipo "reed", los cuales al girar al turbina por la acción del agua y al pasar por el sensor hacen contacto y es cuando se produce un pulso; los pulsos generados son enviados a una etapa de acoplamiento la cual fue requerida ya

que los pulsos no son completamente cuadrados debido a que contenían ruido, lo cual causaba problemas en la cuenta real de los litros, es decir, se contaban más litros de los que en realidad pasaban y que se pudieron detectar con la ayuda de un osciloscopio. Se tomó la frecuencia dada por la turbina y se le suministró esta frecuencia por medio del generador de señales al microcontrolador y al comparar los resultados obtenidos del generador de señales y de la turbina en un tiempo dado, resultaron grandes variantes en la cuenta de los litros. Por lo cual, al implementar la etapa de acoplamiento de la señal se solucionó el problema, ya que el ruido se eliminó y ahora los pulsos salieron completamente cuadrados, obteniendo con éstos resultados satisfactorios. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 5.6.

Tiempo minutos	Lectura G-30 Litros	Lectura esperada Litros
1	2.92	2.90
2	2.89	2.90
3	2.90	2.90
4	2.92	2.90
5	2.88	2.90
6	2.91	2.90
7	2.90	2.90
8	2.90	2.90
9	2.89	2.90
10	2.91	2.90

Tabla 5.6

- Otro dispositivo utilizado para pruebas, fué el módulo G30-A, el cual es llamado también "medidor de caudal de álabes o de turbina"; consta de una turbina en cuyos álabes lleva montados imanes. La rotación de estos imanes debido al flujo de agua es detectada por un sensor de campo magnético, permitiendo transformar las variaciones del campo magnético (al que está sometido) en variaciones de naturaleza eléctrica (variaciones de tensión). Después de ser filtradas y cuadradas, las variaciones de tensión generan un impulso rectangular

cada vez que las álabes pasan de frente por el detector de campo magnético. La bomba de este módulo debe ser alimentado por una fuente de 12 volts; y debe tener una fuente de 5 volts para que los pulsos generados por la turbina sean de la misma amplitud que el voltaje que es requerido para suministrar al microcontrolador.

Estos pulsos generados deben pasar por una etapa de acoplamiento (un filtro RC), la cual nos permite quitar el ruido que contenga o muestre la señal, evitando así que el microcontrolador detecte ese ruido y realice una cuenta errónea de los litros medidos o acumulados en ese momento. Así, se obtiene una cuenta confiable de los pulsos que son generados y contados.

La tabla 5.7 nos muestra algunos de los datos obtenidos de las pruebas que se realizaron con el módulo G30-A.

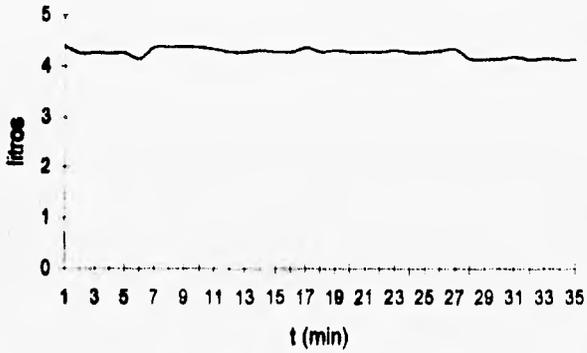
Lectura Obtenida	Lectura Esperada
4.27	4.38
4.24	4.26
4.21	4.26
4.20	4.26
4.21	4.26
4.20	4.15
4.19	4.38
4.30	4.38
4.19	4.38
4.21	4.37
4.21	4.34
4.15	4.29
4.15	4.29
4.17	4.32
4.16	4.29
4.16	4.29
4.14	4.37
4.15	4.30
4.14	4.33

4.16	4.30
4.14	4.30
4.14	4.30
4.14	4.33
4.12	4.29
4.12	4.29
4.12	4.32
4.14	4.36
4.16	4.17
4.14	4.16
4.11	4.17
4.15	4.21
4.16	4.16
4.16	4.19
4.16	4.16
4.14	4.17

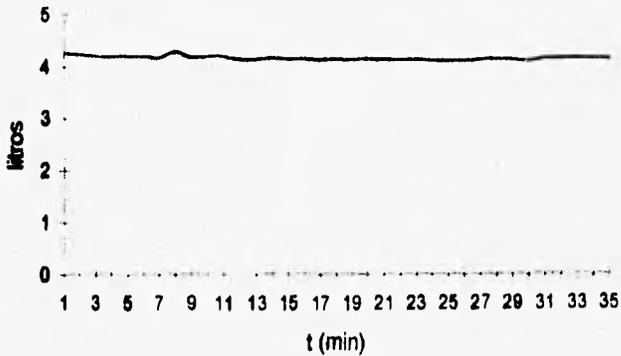
Tabla 5.7

Las gráficas correspondientes a las pruebas realizadas en el módulo G30-A, son las siguientes:

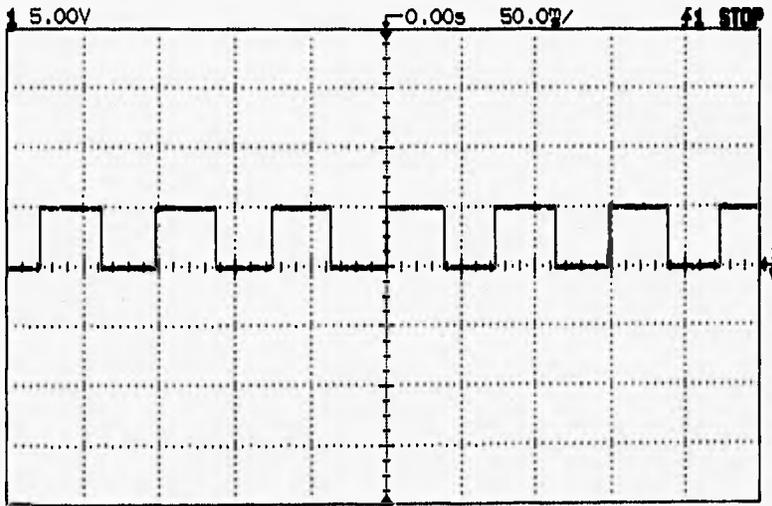
La gráfica 1 representa las lecturas obtenidas en el osciloscopio que son comparadas con la gráfica 2, siendo éstas las obtenidas en el display. Al comparar las lecturas del osciloscopio y del display se observó que la máxima diferencia entre las lecturas de los litros fue de 0.23.

Gráfica obtenida de las lecturas del osciloscopio**Gráfica 1**

En la gráfica 2 se observan las lecturas tomadas del display, donde se puede notar que dichas lecturas permanecen constantes a excepción de pequeñas variaciones debido a que el periodo de un pulso no es igual al periodo de otro.

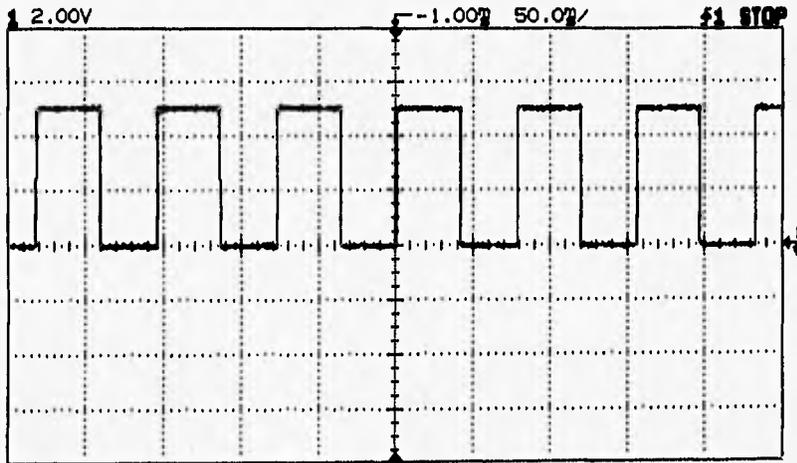
Gráfica de la señal de salida del módulo G-30A**Gráfica 2**

En la gráfica 3 se muestra la señal de salida del módulo G30-A, sin etapa de acoplamiento donde se observa que la señal presenta un poco de ruido.



Gráfica 3

En la gráfica 4 se presenta la señal de salida del módulo G-30A, con etapa de acoplamiento, en donde los pulsos que se presentan a la salida se les ha eliminado el ruido.



Gráfica 4

Capítulo VI

ESPECIFICACIONES DEL MEDIDOR DE FLUJO

Como se ha mencionado, los medidores de tipo velocidad miden el consumo deduciéndolo de la velocidad que adquiere el agua en el interior del medidor impulsada por la turbina. El diseño de un medidor tipo velocidad tiene ventajas ya que se tiene una mayor exactitud, su medición es más constante en todos los gastos y se adapta mejor a los diferentes tipos de aguas.

Requisitos generales:

La norma NOM-012, es la norma que se aplica a medidores de agua definidos como instrumentos de medición con integración propia, que continuamente determinan el volumen de agua que pasa a través de ellos, empleando un proceso mecánico directo o un proceso de transmisión magnética o de otro tipo como los medidores tipo velocidad y volumétricos.

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

- El registro del gasto debe de ser indicado en metros cúbicos.
- Anteriormente los medidores se fabricaban con transmisión mecánica y en la actualidad, se requiere que sean de transmisión magnética . Con esta medida se evitan fugas frecuentes, debido al desgaste del reductor de velocidad, que con el uso de los medidores de transmisión magnética la reducción de la velocidad se hace por medio de los imanes colocados en los ejes de la turbina.
- Otro requisito en las especificaciones, es que los medidores deben de ser de chorro múltiple ya que se evitan incrustaciones en la turbina, de elementos contenidos en el agua (como arena) .
- Los medidores deben tener dispositivos de protección para impedir la posibilidad de alteraciones.
- Los medidores comúnmente se colocan de acuerdo al tamaño de la toma de agua de donde se instalan. Para que en un medidor se garantice su funcionamiento es necesario que se instale de acuerdo con el consumo de agua esperada.

Las especificaciones a considerar en el diseño de un medidor de flujo de agua son:

- Exactitud :

La exactitud en un medidor indica la veracidad con la que se miden los consumos reales, se expresa en porcentaje referido a la diferencia entre el consumo medido y el consumo real para un gasto determinado.

- **Sensibilidad**

Corresponde a la mínima cantidad de agua con que el medidor empieza a registrar, no importando el grado de exactitud.

- **Gasto Nominal**

Es el gasto correspondiente a la cantidad de agua que es capaz de medir momentáneamente. Este gasto generalmente corresponde con el gasto máximo momentáneo del aparato. El gasto nominal es un factor importante para solicitar el medidor adecuado para el gasto esperado.

- **Tamaño**

Los medidores para uso domiciliario pueden considerarse con tamaños nominales de tubería desde 13mm (½ ") hasta 38mm (1 ½ "), que corresponden a capacidades nominales desde 2 hasta 20 m³/h respectivamente para los de chorro múltiple y a partir de 4.5 hasta 31 m³ /h para los de disco. Como ejemplo un medidor de 13mm de diámetro corresponde a ½ ", considerándose el diámetro interno del orificio de entrada con una longitud de 190mm, altura de 100mm y ancho de 122mm. Con frecuencia se colocan medidores de acuerdo con el tamaño de la toma de agua del sitio donde se instalan.

- **Tipo (velocidad o volumétrico)**

Como ya se indicó existen medidores de tipo velocidad que son los que cuentan con una turbina ya sea de chorro único o chorro múltiple, siendo estos los indicados en aguas con materias extrañas. El medidor de tipo turbina permite la regulación de la velocidad por medio de una válvula reguladora (llave). El medidor tiene una mayor exactitud y es muy constante en su medición de todos los gastos.

Los medidores de tipo volumétrico que durante cada ciclo miden el volumen del agua al pasar por una cámara de medición; este tipo de medidores sólo son indicados en aguas correctamente tratadas. En relación con los de tipo velocidad, además de tener menor desgaste, tienen un costo mayor, pero también son más grandes y con mayor capacidad, precisión y exactitud.

- **Campo Teórico de Medición**

Se define como la zona comprendida entre el gasto mínimo desde que el medidor empieza a medir con un error del $\pm 5\%$, y el 100% de su capacidad.

- **Campo Práctico de Medición**

Corresponde a la zona que empieza arriba del gasto mínimo en que el medidor principia a registrar con un error de $\pm 5\%$, y termina al 50% de su gasto nominal.

- **Gasto Normal**

Se define como el 50% del gasto nominal. El medidor podrá trabajar a gasto normal durante una hora al día sin sufrir desgaste en el reductor de velocidad.

Todos los fabricantes de medidores de tipo velocidad procuran:

- Que el gasto de arranque, es decir, el gasto mínimo en que empieza a registrar el aparato sin ninguna exactitud específica se aproxime al 1.0% del gasto nominal.
 - Que del 1.4 al 5% del gasto nominal, el error no exceda de $\pm 5\%$.
 - Que del 5 al 100% del gasto nominal, el error admisible sea del $\pm 2\%$ para el tipo de velocidad.
-

Sin embargo, el dispositivo diseñado es independiente del tamaño de la tubería, ya que el gasto se mide a partir de los pulsos generados por una turbina, es decir, si la turbina es de mayor o menor capacidad no afecta en la medición, pues al pasar por el sensor, cada álabe de la turbina manda un pulso que pasa por una etapa de acondicionamiento para que si en caso de que el pulso lleve señal de ruido, éste sea eliminado y pueda ser registrado por el microcontrolador. Se tiene que tomar en consideración la cantidad de agua que existe entre álabe y álabe de la turbina y calcular cuando ha pasado un litro. Para este caso se calculó una constante que indica cuantos pulsos se tienen que contar por litro.

Para el caso desarrollado el valor de la constante es : $K=190$ pulsos/litro. Con esta constante se lleva a cabo la medición del gasto, ya que cada que se cumple que el número de pulsos sea igual a ésta el número de litros se incrementa.

Para el dispositivo realizado se obtuvieron las siguientes especificaciones mostradas en la tabla 6.1.

Exactitud	1%
Sensibilidad	0.01 lit.
Gasto Nominal	50 lit/min
Tipo	Velocidad
Campo de medición	0.01 - 50 lit/min
Gasto Normal	25 lit/min
Tamaño	-

Tabla 6.1

Uno de los requisitos especificados dentro de la norma es el tamaño del medidor. El medidor diseñado no cumple con dicho requisito ya que en este medidor se utiliza la tarjeta SIMMP-2, que está diseñada para múltiples aplicaciones. Cabe señalar que si se puede cumplir con dicho requisito, optimizando el tamaño de las tarjetas.

Por otro lado uno de los puntos importantes es la instalación del medidor de flujo de agua, esto es, que al momento en que se instale el medidor, debe hacerlo una persona capacitada, ya que al instalarlo se debe programar el microcontrolador con la fecha exacta para evitar posibles alteraciones en el sistema ya que si se altera, las lecturas no serían confiables y no se tendría el gasto real consumido.

CONCLUSIONES

En la realización del trabajo se llevó a cabo satisfactoriamente el diseño del medidor de flujo (actualmente único), mediante el cual es posible medir el gasto y diversas variables relacionadas con éste, utilizando como parte fundamental en el desarrollo del diseño del medidor de flujo, el microcontrolador MC68HC11F1 el cual provee grandes ventajas.

En un principio durante el diseño y la implementación del medidor de agua, se optó por desarrollar la mayor parte del prototipo mediante hardware en forma modular; pero al conocer las ventajas que nos proporciona el microcontrolador MC68HC11F1, se optó por trabajar con éste, ya que permite desarrollar todos los módulos en uno solo, optimizando el tamaño y costo total del medidor.

Uno de los problemas a los que nos enfrentamos fue obtener la información necesaria que nos permitiera estudiar los principios acerca de medidores de flujo basados principalmente en la generación de pulsos mediante una turbina, ya que la información es limitada debido a que existen pocas compañías que los producen, siendo una de las más conocidas Medidores Azteca.

Para solucionar este problema se investigaron métodos para la medición del agua en tomas domiciliarias. Dentro de los métodos encontrados para la medición del agua se seleccionó el que cumpliera con los requerimientos del diseño.

Los elementos principales para la implementación del medidor son: en primera instancia el microcontrolador MC68HC11F1, el cual para su operación requiere de la tarjeta SIMMP-2, un display que muestra la información procesada en el microcontrolador y los botones de selección que hacen referencia a información almacenada para el momento que se requiera .

Finalizada la implementación del medidor, se realizaron una serie de pruebas donde se determinaron los alcances y la exactitud del medidor de agua, las mediciones realizadas con el generador de señales se efectuaron con diferentes frecuencias y al comparar las lecturas obtenidas se pudo observar que eran confiables. Mediante la calibración del dispositivo se determinó que los rangos obtenidos se encuentran dentro de los valores establecidos en la norma oficial mexicana respecto a medidores de agua. Estos rangos pueden ser variables de acuerdo a los requisitos en determinada aplicación, ya que el acumulador de pulsos utilizado tiene una capacidad de cuenta bastante amplia.

Con el módulo G30-A también se realizaron pruebas, lográndose simular físicamente el paso del agua en una tubería, ya que de este módulo se obtienen los pulsos que son mandados al microcontrolador. El valor de la constante utilizada fue calculada con base en el módulo mencionado.

Ai no ser posible utilizar el medidor diseñado en una situación real, se hizo uso del módulo mencionado ya que tiene los elementos para poder hacer circular el agua constantemente, simulando el uso del líquido en una toma domiciliaria.

Un aspecto importante para nosotros, fue el poder realizar la implementación del medidor, el haber podido tener un contacto con el desarrollo de un instrumento de medición y desarrollarnos en el manejo de microcontroladores. Otros aspectos que intervinieron en el desarrollo de la tesis fue aplicar los conocimientos adquiridos durante nuestros estudios y la capacidad de poder enfrentar y resolver los problemas

que surgieron durante la implementación del medidor de agua. Cumplíendose de esta manera con los objetivos propuestos.

Podemos mencionar que el medidor de flujo de agua diseñado puede ser utilizado no solo en tomas domiciliarias, sino también en cualquier tipo de proceso en el que se requiera conocer su consumo de agua.

Tomando en cuenta que éste desarrollo es un prototipo y debido a las características del proceso utilizado, es posible añadir etapas al mismo para mejorar el diseño; esto es, agregando las rutinas en el programa y/o módulos electrónicos destinados a las necesidades que se vayan requiriendo. Así como también es posible optimizar el tamaño del dispositivo.

Entre las aplicaciones a futuro podemos mencionar el uso en las industrias donde el consumo de agua es alto y a las que se les puede instalar este prototipo para regularizar el consumo de la misma. Puesto que se utilizó una herramienta tan poderosa como el microcontrolador MC68HC11F1 podríamos pensar en una automatización total, al poder realizar no solo un procesamiento de datos sino un envío de los mismos, a través de la vía telefónica u otro medio, a las oficinas pertinentes relacionadas con regularización de este líquido vital.

APÉNDICE

El listado siguiente corresponde al programa que es base fundamental para la operación del medidor. El cual tiene como función principal el conteo de pulsos, generación de la fecha, manejo del display, alarma y botonas; procesa la información recibida en el microcontrolador por medio del acumulador de pulsos con la cual realiza las mediciones de: gasto momentaneo, gasto promedio mensual, gasto acumulado y gasto promedio semestral. La forma en la cual despliega la información corresponde a cada uno de los botones, haciendo referencia para cada uno de ellos de una localidad de memoria. La alarma se activara cuando el valor mostrado en el display sea igual o mayor al limite de litros/minuto establecido en las especificaciones del medidor. Cabe señalar que en pantalla siempre se estará mostrando el gasto momentaneo en unidades de litro/minuto, así como la fecha.

Programa: Medidor de Flujo

ORG \$C000	;Dirección de RAM externa
LDAA #\$20	;Interrupción para el overflow del
STAA \$1024	;acumulador de pulsos
LDAA #\$50	;Habilita el acumulador de pulsos
STAA \$1026	

LDAA #\$15	;Captura de pulsos en
STAA \$1021	;flanco de subida
LDAA #\$41	;InicIALIZACION de acumulador de pulsos
STAA \$1027	
LDAA #\$7E	; Carga pseudovector de código de
STAA \$0200	; salto
LDX #RUTSERV	; Carga la rutina de servicio, que genera
STX \$0201	; la fecha y cuenta los pulsos.
LDAA #\$40	; Habilita registros del reloj y del
STAA \$1020	; acumulador de pulsos.
LDAA #\$47	
STAA \$1022	
STAA \$1023	
LDX #\$0000	
STX \$0100	;Contador de pesos por interrupción
STX \$0102	;Contador de minutos
STX \$0104	;Contador de días
STX \$0106	;Contador de años
STX \$0109	;Contador de litros para gasto acumulado
STX \$010C	;Contador de litros gasto acumulado de 1 año
STX \$0114	;Contador de gasto momentáneo (minutos)
STX \$017C	;Promedio semestral de enero
STX \$013E	;InicIALIZACIÓN de los registros utilizados
STX \$0140	;en el programa.
STX \$0142	
STX \$0144	
STX \$0146	
STX \$0158	
STX \$015A	
STX \$015C	
STX \$015E	
STX \$0160	
STX \$0110	
STX \$0112	
STX \$011A	
LDX #\$4E20	;Offset
STX \$1018	
STX \$0107	
LDAA #\$80	;Habilitación de los puertos del PPI
STAA \$1883	;para salida de la información.
LDY #\$0F0F	;Rutinas para inicialización del display
LOOP: DEY	
BEQ INI	

```

BEQ INI
BRA LOOP

INI:   LDAA #$30           ; Asignación del
      STAA $1881         ; Puerto B del PPI (DB7,...,DB0)
      LDAA #$01         ; Asignación del
      STAA $1880         ; Puerto A del PPI (RS,R/W,E)
      NOP
      JSR MOMENT

      ; Habilitación de los comandos para el funcionamiento del display

      LDAA #$38
      STAA $1881         ; funcion set .
      LDAA #$01
      STAA $1880
      JSR MOMENT

      LDAA #$0C         ; display ON.
      STAA $1881
      LDAA #$01
      STAA $1880
      JSR MOMENT

      LDAA #$01         ; display clear.
      STAA $1881
      LDAA #$01
      STAA $1880
      JSR MOMENT

      LDAA #$06         ; modo de entrada.
      STAA $1881
      LDAA #$01
      STAA $1880
      JSR MOMENT

      LDAA #$0C         ; despliegue de cursor.
      STAA $1881
      LDAA #$01
      STAA $1880
      JSR MOMENT
      CLI

```

***** Programa Principal *****

```

DEPCALE: LDAA #88
          STAA $1881
          LDAA #01
          STAA $1880
          JSR MOMENT
          CLRA
          LDAB $0104           ;Registro que almacena dias
          INCB
          JSR PRECAL
          JSR GUION
          CLRA
          LDAB $0105           ;Registro que almacena los meses.
          INC
          JSR PRECAL
          JSR GUION
          CLRA
          LDAB $0106           ; Registro que almacena los años.
          ADDB #60
          JSR PRECAL
          BRA DEPCALE

          INC $0115
          LDX $0109
          INX
          STX $0109           ; Registros utilizados para
          LDY $010C           ; contador de litros.
          INY
          STY $010C
          LDAA #20             ; Apaga la bandera del overflow
          STAA $1025
          LDAA #41
          STAA $1027
          CLI
          RTI

RUTSERV: LDD $1018           ;Rutina para generar calendario.
          ADDD $0107
          STD $1018
          LDAA #40
          STAA $1023
          LDX $0100
          INX
    
```

	CPX # \$1770	: \$1770 Tope del minuto.
	BNE MARGA	
	LDY \$0102	
	INY	
	STY \$0102	
	LDAA \$1027	
	SUBA # \$41	
	STAA \$0113	
	LDAB # \$64	
	MUL	
	LDX # \$00BE	
	IDIV	
	STX \$0116	; Dato decimal
	JSR GREAT	
	LDD \$0110	
	ADD \$0112	
	CPD # \$00BE	
	BLT NOINC	
	LDX \$0109	
	INX	
	STX \$0109	
	LDY \$010C	
	INY	
	STY \$010C	
	SUBD # \$00BE	
NOINC:	STD \$0110	
	CLR \$0115	
	LDAA # \$41	
	STAA \$1027	
	LDX # \$003F	; Offset.
MARGA:	STX \$0100	; Contador de dias.
	LDX \$0102	
	CPX # \$05A0	
	BNE ORIANA	
	INC \$0104	; Almacena dias.
	LDX # \$0000	
	STX \$0102	
ORIANA:	LDAA # \$03	; Consulta de tabla.
	LDAB \$0105	; Consulta de número del mes.
	XGDX	
	LDAA \$99,X	
	CMPA # \$1C	
	BNE COMPARA	
	LDAB \$0106	; Aquí se pregunta si es año bisiesto.
	ANDB # \$03	

BNE COMPARA
 INCA
 COMPARA: CMPA \$0104
 BNE MARTHA
 JSR GASTO1
 INC \$0105
 CLR \$0104
 MARTHA: LDAA \$0105 ;Consulta num. total de meses.
 CMPA # \$0C
 BNE TERESA
 INC \$0106
 CLR \$0105
 LDD \$010C
 LDX # \$0002
 IDIV
 STX \$017C ;Almacena el promedio semestral de enero.
 LDD \$0110
 ADDD \$011A
 CPD # \$00BE
 BLT NOINCF
 LDX \$0109
 INX
 STX \$0109
 SUBD # \$00BE
 NOINCF: STD \$011A
 LDX # \$0000 ;Limpia el contador de gasto acumulado
 STX \$010C ;de 1 año.
 STX \$0110
 TERESA: RTI
 GASTO1: LDAA \$0105 ;Calculo de los promedios mensuales,
 INCA ; semestrales y acumulados.
 STAA \$0174
 CMPA # \$01
 BNE DIV
 LDD \$010C
 STD \$0130
 LDD \$0110
 STD \$014A
 RTS
 DIV: LDAA \$0174
 CMPA # \$02
 BNE DIV1
 LDD \$010C ;num. de litros.

```

CPD #0002
BGE DENTE
CLR $0132
CLR $0133
BRA DFRA
DENTE: LDX #02
        IDIV
        STX $0132           ;C entero
CPD #0000           ;Hay residuo ?
        BEQ LD
DFRA:   LDAA #$64
        MUL
        LDX #02
        IDIV
        STX $014C         ;Dato decimal
        BRA DIV1
LD:     CLR $014C
        CLR $014D
        RTS
DIV1:   LDAA $0174
        CMPA #03
        BNE DIV2
        LDD $010C         ;número de litros
CPD #0003
BGE DENTE1
CLR $0134
CLR $0135
BRA DFRA1
DENTE1: LDX #03
        IDIV
        STX $0134         ;C entero
CPD #0000           ;Hay residuo ?
        BEQ LD1
DFRA1:  LDAA #$64
        MUL
        LDX #03
        IDIV
        STX $014E         ;Dato decimal
        BRA DIV2
LD1:   CLR $014E
        CLR $014F
        RTS
DIV2:  LDAA $0174
        CMPA #04
        BNE DIV3

```

```

LDD $010C           ;num. de litros
CPD #$0004
BGE DENTE2
CLR $0136
CLR $0137
BRA DFRA2
DENTE2: LDX #$04
        IDIV
        STX $0136       ;C entero
        CPD #$0000     ;Hay residuo ?
        BEQ LD2
DFRA2:  LDAA #$64
        MUL
        LDX #$04
        IDIV
        STX $0150       ;Dato decimal
        BRA DIV3
LD2:    CLR $0150
        CLR $0151
        RTS
DIV3:   LDAA $0174
        CMPA #$05
        BNE DIV4
        LDD $010C       ;num. de litros
        CPD #$0005
        BGE DENTE3
        CLR $0138
        CLR $0139
        BRA DFRA3
DENTE3: LDX #$05
        IDIV
        STX $0138       ;C entero
        CPD #$0000     ;Hay residuo ?
        BEQ LD3
DFRA3:  LDAA #$64
        MUL
        LDX #$05
        IDIV
        STX $0152       ;Dato decimal
        BRA DIV4
LD3:    CLR $0152
        CLR $0153
        RTS
DIV4:   LDAA $0174
        CMPA #$06
    
```

```

BNE DIV5
LDD $010C           ;num. de litros
CPD #$0006
BGE DENTE4
CLR $013A
CLR $013B
BRA DFRA4
DENTE4: LDX #$06
          IDIV
          STX $013A       ;C entero
          CPD #$0000     ;Hay residuo ?
          BEQ LD4
DFRA4:   LDAA #$64
          MUL
          LDX #$06
          IDIV
          STX $0154       ;Dato decimal
LD4:     BRA DIV5
          CLR $0154
          CLR $0155
          RTS
DIV5:    LDAA $0174
          CMPA #$07
          BNE DIV6
          LDD $010C       ;num. de litros
          CPD #$0007
          BGE DENTE5
          CLR $013C
          CLR $013D
          BRA DFRA5
DENTE5:  LDX #$07
          IDIV
          STX $013C       ;C entero
          CPD #$0000     ;Hay residuo ?
          BEQ LD5
DFRA5:   LDAA #$64
          MUL
          LDX #$07
          IDIV
          STX $0156       ;Dato decimal
LD5:     BRA DIV6
          CLR $0156
          CLR $0157
          RTS
DIV6:    LDAA $0174

```

```

CMPA #08
BNE DIV7
LDD $010C           ;num. de litros
CPD #0008
BGE DENTE6
CLR $013E
CLR $013F
BRA DFRA6
DENTE6: LDX #08
        IDIV
        STX $013E       ;C entero
        CPD #0000       ;Hay residuo ?
        BEQ LD6
DFRA6:  LDA #064
        MUL
        LDX #08
        IDIV
        STX $0158       ;Dato decimal
        BRA DIV7
LD6:   CLR $0158
        CLR $0159
        RTS
DIV7:  LDA #0174
        CMPA #09
        BNE DIV8
        LDD $010C       ;num. de litros
        CPD #0009
        BGE DENTE7
        CLR $0140
        CLR $0141
        BRA DFRA7
DENTE7: LDX #09
        IDIV
        STX $0140       ;C entero
        CPD #0000       ;Hay residuo ?
        BEQ LD7
DFRA7:  LDA #064
        MUL
        LDX #09
        IDIV
        STX $015A       ;Dato decimal
        BRA DIV8
LD7:   CLR $015A
        CLR $015B
        RTS

```

DIV8: LDAA \$0174
 CMPA #\$0A
 BNE DIV9
 LDD \$010C ;num. de litros
 CPD #\$000A
 BGE DENTE8
 CLR \$0142
 CLR \$0143
 BRA DFRA8
DENTE8: LDX #\$0A
 IDIV
 STX \$0142 ;C entero
 CPD #\$0000 ;Hay residuo ?
 BEQ LD8
DFRA8: LDAA #\$64
 MUL
 LDX #\$0A
 IDIV
 STX \$015C ;Dato decimal
 BRA DIV9
LD8: CLR \$015C
 CLR \$015D
 RTS
DIV9: LDAA \$0174
 CMPA #\$0B
 BNE DIV10
 LDD \$010C ;num. de litros
 CPD #\$000B
 BGE DENTE9
 CLR \$0144
 CLR \$0145
 BRA DFRA9
DENTE9: LDX #\$0B
 IDIV
 STX \$0144 ;C entero
 CPD #\$0000 ;Hay residuo ?
 BEQ LD9
DFRA9: LDAA #\$64
 MUL
 LDX #\$0B
 IDIV
 STX \$015E ;Dato decimal
 BRA DIV10
LD9: CLR \$015E
 CLR \$015F

```

DIV10:   RTS
         LDAA $0174
         CMPA #$0C
         BNE FINS
         LDD $010C           ;num. de litros
         CPD #$000C
         BGE DENTE10
         CLR $0146
         CLR $0147
         BRA DFRA10
DENTE10: LDX #$0C
         IDIV
         STX $0146           ;C entero
         CPD #$0000         ;Hay residuo ?
         BEQ LD10
DFRA10:  LDAA #$64
         MUL
         LDX #$0C
         IDIV
         STX $0160         ;Dato decimal
         BRA FINS
LD10:    CLR $0160
         CLR $0161
FINS:    RTS
         CLI

         JSR GASTOA         ;Rutina de interrupcion para calcular
         JSR MOMENT        ;Gasto Acumulado
         LDAA #$04         ;Bandera IC1
         STAA $1023
         LDAA #$88         ;Display Clear
         STAA $1881
         LDAA #$01
         STAA $1880
         JSR MOMENT
         RTI

         JSR PROMES        ;Rutina de interrupcion para calcular
         JSR MOMENT        ;Promedio mensual
         JSR PMES
         JSR MOMENT
         LDAA #$02         ;Bandera IC2
         STAA $1023
         LDAA #$88         ;Display Clear

```

STAA \$1881
 LDAA #\$01
 STAA \$1880
 JSR MOMENT
 RTI

JSR MOMENT ; Rutina de interrupcion para calcular
 JSR PSEMES ; Promedio eamestral
 JSR MOMENT
 LDAA #\$01 ; Bandera IC3
 STAA \$1023
 LDAA #\$88 ; Display Clear
 STAA \$1881
 LDAA #\$01
 STAA \$1880
 JSR MOMENT
 RTI

GASTOA: LDAA #\$C0 ; Subrutina para Gasto acumulado
 STAA \$1881 ; DDRAM
 LDAA #\$01
 STAA \$1880
 JSR MOMENT
 LDAA #\$47 ; Letra G
 STAA \$1881
 JSR ACTIVA

LDAA #\$41 ; Letra A
 STAA \$1881
 JSR ACTIVA
 JSR SEPARA
 LDD \$0109 ; Cargo litros de gasto acumulado.
 JSR DECIUNI
 RTS

PMES: LDAA #\$C0 ; Subrutina para Promedio Mensual.
 STAA \$1881 ; DDRAM
 LDAA #\$01
 STAA \$1880
 JSR MOMENT

LDAA #\$50 ; Letra P
 STAA \$1881

	LDAA #\$4D	;Letra M
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	JSR SEPARA	
	LDD \$0184	;Consulta dato de la Tabla
	JSR DECIUNI	
	RTS	
PSEMEMS:	LDAA #\$C0	;Subrutina para Promedio Semestral.
	STAA \$1881	;DRAM
	LDAA #\$01	
	STAA \$1880	
	JSR MOMENT	
	LDAA #\$50	;Letra P
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	LDAA #\$53	;Letra S
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	JSR SEPARA	
	LDAA \$0105	
	INCA	
	STAA \$0175	
	CMPA #\$01	
	BEQ CALCULA	
	JSR PROSEM	
	LDD \$017A	;Consulta entero final
	JMP DIRECTO	
CALCULA:	LDD \$017C	;Consulta entero final para enero
DIRECTO:	JSR DECIUNI	
	RTS	
GREAL:	LDAA #\$C0	;Subrutina para Gasto Momentáneos
	STAA \$1881	;DDRAM
	LDAA #\$01	
	STAA \$1880	
	JSR MOM	
	LDAA #\$47	;Letra G
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	LDAA #\$4D	;Letra M
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	

	JSR SEPARA	
	LDD \$0114	;Registro de información
	JSR PREGR	
	JSR PUNTO	
	LDD \$0116	
	JSR PREGR	
	JSR REC	
	LDAA #\$6C	;Letra l
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	JSR MOM	
	LDAA #\$2F	;Letra /
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	JSR MOM	
	LDAA #\$6D	;Letra m
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	JSR MOM	
	LDAB \$0115	
	CMPB #\$32	;Limite de litros: 50 lit/min
	BLT TERMINA	
	LDAA #\$01	;Señal de !!! Alarma !!!
	STAA \$1882	
	BRA TERMIB	
TERMINA:	LDAA #\$00	
	STAA \$1882	
TERMIB:	LDAA #\$88	;Dirección de DDRAM
	STAA \$1881	
	LDAA #\$01	
	STAA \$1880	
	JSR MOM	
	RTS	
SEPARA:	LDAA #\$3A	;Dos puntos
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	LDAA #\$20	;Espacio en blanco
	STAA \$1881	
	BSR ACTIVA	

DECIUNI: RTS
JSR PRESENT
JSR REC

LDAA #S6D ;Letra m
STAA \$1881
BSR ACTIVA
JSR MOM

LDAA #SAE ;Unidad de metros cúbicos
STAA \$1881
BSR ACTIVA
JSR MOM
RTS

MOMENT: LDX #S1388
TIEMP1: DEX
BNE TIEMP1
CLR \$1880
RTS

MOM: LDX #S0FFF
TIEMP3: DEX
BNE TIEMP3
CLR \$1880
RTS

ACTIVA: LDAA #S05
STAA \$1880
LDY #S1500
TIEMP2: DEY
BNE TIEMP2
CLR \$1880
RTS

DECIM: CLR \$0120 ;Almacena decenas de millar
CLR \$0121 ;Almacena unidades de millar
CLR \$0122 ;Almacena Centenas
CLR \$0123 ;Almacena Decenas

DMIL: SUBD #S2710
BCS MIL
INC \$0120
BRA DMIL

MIL: ADDD #S2710
MMIL: SUBD #S03E8
BCS CIEN

	BRA MMIL	
CIEN:	ADDD #03E8	
CIEND:	SUBD #\$64	
	BCS DIEZ	
	INC \$0122	
	BRA CIEND	
DIEZ:	ADDD #\$64	
DIEZD:	SUBD #\$0A	
	BCS UNO	
	INC \$0123	
	BRA DIEZD	
UNO:	ADDD #\$0A	
	STAB \$0124	;Almacena unidades
	RTS	
PRESENT:	JSR DECIM	;Llamada a rutina que convierte a decimal
	LDAA \$0120	
	ADDA #\$30	
	STAA \$1881	;Despliega de primer dígito a display
	BSR ACTIVA	
	LDAA \$0121	;Despliega de segundo dígito a display
	ADDA #\$30	
	STAA \$1881	
	BSR ACTIVA	
	JSR PUNTO	
	LDAA \$0122	
	ADDA #\$30	
	STAA \$1881	;Despliega de tercer dígito a display
	JSR ACTIVA	
	LDAA \$0123	;Despliega de cuarto dígito a display
	ADDA #\$30	
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	LDAA \$0124	;Despliega de quinto dígito a display
	ADDA #\$30	
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	RTI	
PUNTO:	LDAA #\$2E	;Punto a display
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	

RTS

DEGR:	CLR \$0118	;Almacena decenas, para el calendario
DIEZGR:	SUBD #\$0A	
	BCS UNOGR	
	INC \$0118	
	BRA DIEZGR	
UNOGR:	ADDD #\$0A	
	STAB \$0119	;Almacena unidades
	RTS	
PREGR:	JSR DEGR	;Llamada a rutina que convierte a decimal
	LDA \$0118	
	ADDA #\$30	
	STAA \$1881	;Despliegue de primer dígito a display
	JSR ACTIVA	
	LDA \$0119	;Despliegue de segundo dígito a display
	ADDA #\$30	
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	RTS	
DECAL:	CLR \$0126	;Almacena decenas, para el calendario
DIEZC:	SUBD #\$0A	
	BCS UNOC	
	INC \$0126	
	BRA DIEZC	
UNOC:	ADDD #\$0A	
	STAB \$0127	;Guarda Unidades
	RTS	
PRECAL:	JSR DECAL	;Llamada a rutina que convierte a decimal
	LDA \$0126	
	ADDA #\$30	
	STAA \$1881	;Despliegue de primer dígito a display
	JSR ACTIVA	
	LDA \$0127	;Despliegue de segundo dígito a display
	ADDA #\$30	
	STAA \$1881	
	JSR ACTIVA	
	RTS	
GUION:	LDA #\$B0	;Escribo un guion
	STAA \$1881	

```

                JSR ACTIVA
                RTS
REC:           LDX #$0002
ESPA:         LDAA #$20
                STAA $1881
                JSR ACTIVA
                DEX
                BNE ESPA
                CLR $1880
                RTS

PROSEM:       CLR $016D
                CLR $016A
                CLR $0168
                CLR $016E
                CLR $016C           ;Registro para acumular promedios
                LDAA $0175         ;Num. de mes real
                CMPA #$07
                BGE METODFA       ;Realiza metodo Asi el # de mes es >= 7
                                   ;Si num. de mes es menor que 7:
                                   ;Recorre la table con metodo 2B

                LDAB #$07
                SUBB $0175
                STAB $0169         ;Reg. Aux2 #veces en que recorre la tabla
                LDY $0168         ;desde el final
                LDX #$0160         ;Direccion final de la tabla

TAFPROM2:     LDD $00,X
                ADDD $016C
                STD $016C
                DEX
                DEX
                DEY
                BNE TAFPROM2
                LDAB #$06
                SUBB $0169
                STAB $016B         ;Reg. Aux3 #veces en que recorra la tabla
                LDY $016A         ;desde el inicio
                                   ;Recorre la tabla con metodo 2A
                                   ;Direccion inicial de la tabla

                LDX #$014A
TABPROMF:     LDD $00,X
                ADDD $016C         ;Registro para almacenar le suma de los 6
                                   ;promedios

                STD $016C
                INX
                INX
                DEY
    
```

```

BNE TABPROMF
JMP PROSEMEF

METODFA: LDY #S0006
          LDAA $0175
          SUBA #S07
          LDAB #S02
          MUL
          STD $0166           ;Registro aux1. para direccionar
TAFPROMA:LDAA #S01
          LDAB $0167
          XGDX
          LDD $4A,X
          ADDD $016C         ;Registro para almacenar la suma de los 6
                              ;promedios

          STD $016C
          INC $0167
          INC $0167
          DEY
          BNE TAFPROMA
PROSEMEF:LDD $016C
          CPD #S0064
          CLR $016F         ;Carry
          BLT MENTERO
CARR:    SUBD #S64
          BCS OTRO
          INC $016F         ;Carry
          BRA CARR
OTRO:    ADDD #S64
          STD $0170         ;Almacena fracc. real

MENTERO: CLR $0179         ;Tabla para enteros
          CLR $0178         ;Registro para acumular promedios
          LDAA $0175         ;Obtiene informacion de el num. de mes
          CMPA #S07
          BGE METODOA       ;Realiza metodo A si el # de mes es >= 7
                              ;Si num. de mes es menor que 7:
                              ;Recorre la tabla con metodo 2B

          LDY $0168
          LDX #S0146         ;Direccion final de la tabla
TABPROM2:LDD $00,X
          ADDD $0178
          STD $0178
          DEX
          DEX

```

```

DEY
BNE TABPROM2
LDY $016A

LDX #$0130
TABPROM: LDD $00,X
         ADDD $0178

         STD $0178
         INX
         INX
         DEY
         BNE TABPROM
         JMP PROSEME

;Recorre la tabla con metodo 2A
;Direccion inicial de la tabla

;Registro para almacenar la suma de los 6
;promedios

METODOA: LDY #$0006
         LDAA $0175
         SUBA #$07
         LDAB #$02
         MUL
         STD $0172
TABPROMA: LDAA #$01
         LDAB $0173
         XGDX
         LDD $30,X
         ADDD $0178

;Registro aux1. para direccionar

;Registro para almacenar la suma de los 6
;promedios

         STD $0178
         INC $0173
         INC $0173
         DEY
         BNE TABPROMA
PROSEME: LDD $0178
         ADDD $016E
         STD $017A
         RTS

;Suma el carry a entero

PROMES: LDAA $0105
         INCA
         CMPA #$02
         BLT FINTA
         SUBA #$02
         LDAB #$02
         MUL
         STD $0182

;Si #mes es menor que 2, salta a FINTA

```

LDAA #01
LDAB \$0183
XGDX
LDD \$30,X
STD \$0184
JMP FINPM
FINTA: LDD \$0148
STD \$0184
FINPM: RTS

:Informacion de Tabla

BIBLIOGRAFÍA

- **Motorola**
M68HC11, MANUAL DE REFERENCIA.
- **Motorola Inc.**
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA.
1991
- **Secretaría de Comercio y Fomento Industrial**
NORMA OFICIAL MEXICANA.
NOM-012-SCFI-1994
- **Medidores Azteca**
MEDIDORES PARA AGUA DE USO DOMICILIARIO.
- **Holman Jack**
MÉTODOS EXPERIMENTALES PARA INGENIEROS.
McGraw-Hill, 1986
- **Electronica Veneta**
TRANSDUCTORES DE CAUDAL Y DE NIVEL, MÓDULO G30.
- **National Semiconductor**
INTEGRATED CIRCUITS.
- **M. With, Frank**
MECÁNICA DE FLUIDOS.
Mc-Graw Hill, 1984

-
- **R. W. Fox y A.T. McDonald**
INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE FLUIDOS.
Interamericana, 1983

 - **John J. Bortm**
MECÁNICA DE FLUIDOS PARA INGENIEROS.
Prentice Hall Hispanoamericana, 1986

 - **Manuel Fiejos**
TURBOMAQUINARIA, BOMBAS Y TURBINAS

 - **Mataix, Claudio**
MECANICA DE FLUIDOS

 - **Bernard, J.C.**
HANDBOOK OF FLUID FLOWMETERING

 - **W. G. Holzbock**
INSTRUMENTOS PARA MEDICION Y CONTROL