

2013

INSTITUTO TECNOLOGICO DE  
TUXTLA GUTIERREZ



Rosalía López Suarez  
Residencia Profesional  
01/01/2013

# Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez

Centro Nacional De Investigación Y Desarrollo Tecnológico



## Unach

Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Residencia Profesional

### **Diseño de un medidor de caudales acoplado a un aforador de garganta larga de sección crítica basado en electrónica digital.**

Presenta:

**Rosalía López Suárez**

Asesor interno del proyecto:

**Dr. Héctor Hernández de León**

**Ingeniería en electrónica**

Especialidad en Instrumentación y control

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Diciembre 2013

## Contenido

CAPITULO 1. Introducción .....	5
1.1 Antecedentes .....	5
1.2 Justificación .....	6
1.3 Objetivo general .....	7
1.3.1Objetivos específicos:.....	8
1.4 Caracterización del área en que participó .....	8
1.4.1 Historia del ITTG .....	8
1.4.2 Oferta educativa.....	9
1.4.3 Posgrado.....	9
1.4.4 Misión .....	10
1.4.4 Visión .....	10
1.4.5 Valores.....	10
1.4.6 Localización .....	11
1.4.7 Área específica relacionada directamente con el proyecto .....	11
1.5 Historia .....	12
1.5.1 Campus y Ofertas educativas .....	13
1.5.2 Unidades Académicas .....	13
1.5.3 Campus.....	13
1.5.2 MISIÓN .....	15
1.5.4 Localización .....	15
1.6 Problemas a resolver, priorizándolos.....	16
1.7 Alcances y limitaciones .....	16
CAPITULO 2. Fundamento teórico .....	16
2.1 CANAL.....	16
2.2 TIPOS DE FLUJO .....	17
2.3 GEOMETRIA DEL CANAL .....	19
2.4 Características hidráulicas del canal .....	20
2.5 Ecuaciones Fundamentales del Flujo uniforme .....	21
2.5.1 Ecuación de Continuidad (conservación de la masa) .....	22
2.5.2 Ecuación de la energía.....	24

2.5.3 Ecuación del impulso o cantidad de movimiento .....	26
2.6 Presión.....	27
2.7 Presión de un fluido .....	27
2.8 Consumo y desperdicio del agua en México.....	27
2.7.1 Consumo de agua en una familia de cinco miembros .....	29
2.7.2 CAUSAS DEL DESPERDICIO DE AGUA .....	29
2.7.2 Costo del agua en México .....	30
2.7.3 Costo del agua en otros países.....	32
2.7.4 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas .....	33
CAPITULO 3. Resultados y conclusiones .....	34
3.1 Resultados, planos, gráficas, prototipos y programas .....	34
3.2 SIMULACION.....	34
3.3 Datos adquiridos .....	35
3.4 Programa:.....	36
3.5 Conclusiones y recomendaciones .....	40
CAPITULO 4. Referencias bibliográficas .....	41
CAPITULO 5. Anexos.....	42

## CAPITULO 1. Introducción

El agua necesaria para satisfacer todas las exigencias del mundo moderno proviene de manantiales superficiales o subterráneos. Como el hombre se ha comportado generalmente como un elemento contra el orden del sistema natural, las aguas superficiales están casi totalmente contaminadas. El agua no se distribuye uniformemente en el tiempo y el espacio. A veces se encuentran grandes volúmenes lejos de los centros de población o cuando están próximas, pueden resultar impropias para el consumo. A veces pequeños ríos tienen agua en condiciones satisfactorias, pero no son aprovechables porque en ciertas épocas del año, su flujo es nulo. La responsabilidad del control y distribución de las aguas normalmente compete a los gobiernos y las comunidades, pero los aspectos técnicos de estas actividades encajan dentro de las responsabilidades del ingeniero civil. Le corresponde entre otras cosas, proyectar, diseñar, construir y administrar las obras relacionadas con ríos, canales, presas, sistemas de irrigación y drenaje, redes de abastecimiento de agua, alcantarillado pluvial y sanitario; en realidad, él es el ingeniero por excelencia del ambiente. La responsabilidad del ingeniero civil es inmensa porque los conocimientos de la Hidráulica se basan en cientos de años de empirismo, muchos años de estudios teóricos y de análisis científicos, y pocos años de experiencia con las técnicas modernas de instrumentación y computación aplicada a los problemas relacionados con los recursos hidráulicos.

### 1.1 Antecedentes

En todo el mundo, el empleo del agua y su gestión han sido un factor esencial para elevar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. El agua es esencial para aprovechar el potencial de la tierra y para permitir que las variedades mejoradas tanto de plantas como de animales utilicen plenamente los demás factores de producción que elevan los rendimientos. Al incrementar la productividad, la gestión sostenible del agua (especialmente si va unida a una gestión adecuada del suelo) contribuye a asegurar una producción mejor tanto para el consumo directo como para el comercio, favoreciendo así la producción de los excedentes económicos necesarios para elevar las economías rurales.

Desde los años sesenta, la producción mundial de alimentos ha mantenido el paso del crecimiento demográfico, suministrando más alimentos por cápita a precios cada vez más bajos en general, pero a costa de los recursos hídricos. Al final del siglo XX, la agricultura empleaba por término medio el 70 por ciento de toda el agua utilizada en el mundo, y la FAO estima que el agua destinada al riego aumentará un 14 por ciento para 2030. Aunque este aumento es muy inferior al registrado en los años noventa, según las proyecciones, la escasez de agua será cada vez mayor en algunos lugares y, en algunos casos, en algunas regiones, lo que limitará la producción local de alimentos.

La mejora en la utilización del agua tanto en la agricultura de secano como en la de regadío será fundamental para afrontar las situaciones previstas de escasez de agua. La mejora de la utilización o de la productividad del agua se entiende frecuentemente en términos de obtener la mayor cantidad de cultivos posible por volumen de agua: "más cultivos por gota". Es posible que los agricultores prudentes con respecto al dinero prefieran fijarse como objetivo el máximo de ingresos por unidad de agua: "más dólares por gota", mientras que los dirigentes de las comunidades y los responsables de las políticas podrán tratar de conseguir el máximo empleo y los máximos ingresos en todo el sector agrícola: "más puestos de trabajo por gota". Por consiguiente, en un sentido amplio, el incremento de la productividad en la agricultura puede dar lugar a mayores beneficios por cada unidad de agua tomada de los recursos hídricos naturales. Sin embargo, los cambios que ello provocaría en la utilización del agua en la agricultura exigen respuestas de los gobiernos para asegurar la productividad y la utilización sostenible de los recursos de tierras y aguas de los que depende la agricultura.

## 1.2 Justificación

El agua es el recurso más importante; ya que las plantas, los animales y el ser humano dependen de su existencia; pero las aguas dulces existentes, que pueden usarse de forma económicamente viable y sin generar grandes impactos negativos en el ambiente, son menores al 1% del agua total del planeta. Por otro lado, el crecimiento demográfico, el aumento de los regímenes de demanda y la contaminación del líquido han mermado el volumen per cápita disponible. Esta disminución de consumo de agua obliga a la sociedad, para la protección de los patrones de vida, aplicar criterios de conservación y de uso sustentable del agua. De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales en México, el agua puede tener usos consuntivos y no consuntivos; entre los primeros están el abastecimiento urbano, la agricultura, el pecuario y la industria, y entre los segundos la producción de energía eléctrica, la refrigeración de plantas industriales y centrales energéticas, la acuicultura y los caudales con fines ambientales y paisajísticos.

La mayor parte del agua consumida por el hombre se destina a usos consuntivos, a la irrigación, al ganado y al uso doméstico. La agricultura emplea más del 70% del agua utilizada en el mundo (FAO, 2002). Esta baja eficiencia, convierte a la agricultura en el sector donde se pueden adoptar los mayores cambios tecnológicos que permitan compensar las mermas per cápita antes mencionadas. En México, el uso consuntivo mayor es el agrícola, que representa un 78% de la extracción, seguido por el uso público urbano con un 12%. De cada 100 litros de agua que se usa en el país, 80 litros se aplican a zonas agrícolas de riego y la eficiencia de estos sistemas, especialmente los que operan por gravedad es del 50%. Una de las causas de la baja eficiencia es que no se mide correctamente los volúmenes de agua entregada a los usuarios de riego

(agricultores) y por lo tanto la Comisión Nacional del Agua no puede cobrarles correctamente, ni en volumen (porque no existen sistemas de medición volumétrica en los canales de riego del país) ni el costo adecuado por el consumo habido (el precio del agua es muy barato y se consume de más). Un sistema volumétrico como el aquí estipulado permitiría avanzar en ambos aspectos y en la eficiencia del uso del agua, en un sector que consume casi la totalidad del agua destinada para diversos usos de forma anual en México.

Es por ello la implementación de un sistema electrónico para la medición de volumen de un caudal para un sistema de riego existen diversos factores a considerar como es la selección eficaz de un medidor de caudal exige un conocimiento práctico de la tecnología del medidor, además de un profundo conocimiento del proceso y del fluido que se quiere medir.

Cuando la medida del caudal se utiliza con el propósito de facturar un consumo, deberá ser lo más precisa posible, teniendo en cuenta el valor económico del fluido que pasa a través de determinada longitud, y la legislación obligatoria aplicable en cada caso.

Estos últimos datos, no obstante se obtendrán en términos de requerimientos al diseñar las instalaciones también deberán tenerse presentes en todo momento mientras el sistema opere. De ahí que resulte importante el que el agricultor conozca y se familiarice tanto con los conceptos de presión y caudal, como también con la formas que podrá utilizar para medirlos.

La presente apunta primero a entregar conceptos generales de la medida de caudal y las características de los diversos instrumentos de medida. Así como procedimientos de medición; y en segundo lugar a proporcionar una guía para que el agricultores pueda realizar algunos chequeos periódicos de dichos parámetros, cuando sea pertinente y necesario, complementándose con los contenidos entregados en otras cartillas divulgativas, principalmente en lo que dice relación con la medición de uniformidad del sistema y evaluación del riego.

### **1.3 Objetivo general**

Diseñar, implementar y calibrar un circuito digital que permita la medición precisa de caudales y el volumen de agua total escurrido en canales de riego acoplado a un aforador de garganta larga de sección crítica.

### **1.3.1 Objetivos específicos:**

1. Determinar el sensor de presión que cumpla las condiciones de precisión y rangos de presión del proyecto.
2. Construir y calibrar el circuito digital que permita la medición precisa de caudales en canales de riego.
3. Acoplar y cuantificar las variables de caudal y volumen del canal de pendiente variable escurridos en el tiempo real con el circuito digital.

## **1.4 Caracterización del área en que participó**

### **1.4.1 Historia del ITTG**

En los años 70, llegó al estado de Chiapas el movimiento nacional de extensión educativa para la Educación, con la intervención del gobierno del estado de Chiapas ante la federación. Esta gestión dio lugar a la creación del Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG) hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez hoy (ITTG).

El 23 de agosto de 1971, el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que pronto será el centro educativo de nivel medio superior principal de la entidad. El 22 de octubre de 1972, con una infraestructura de dos edificios con ocho aulas, dos laboratorios y un taller de construcción abre sus puertas al Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez técnico de carreras Instituto motores de combustión interna, electricidad, laboratorios químicos y máquinas y herramientas.

En 1974 comenzó el formulario de nivel superior, con el título de Ingeniero Industrial en Producción y Bioquímica de Productos Naturales.

En 1980, la ampliación de las oportunidades de educación para entrar en las carreras de Ingeniería Industrial Eléctrica y de Ingeniería Química Industrial.

En 1987 se abrió la Ingeniería en Electrónica y se estableció en 1989 las carreras de sistemas abiertos de la escuela secundaria y superior nivel de la oferta se reorientó en Ingeniería Eléctrica y Mecánica Industrial también se inicia.

En 1991 llega la licenciatura en Ingeniería Informática de Sistemas.

Desde 1997, el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ofrece la Especialización en Ingeniería Ambiental como el primer programa de postgrado.

En 1998 se estableció el programa de posgrado interinstitucional con la Universidad Autónoma de Chiapas para enseñar en el Instituto de Tecnología de Maestría en Biotecnología.

En 1999 comenzó el programa de MBA en respuesta a las demandas del sector industrial y de servicios en la región.

Desde 2000 también abrió la Especialización en Biotecnología y un año después se inició la Maestría en Ciencias en Bioquímica y Licenciatura en Ciencias de la Computación.

### 1.4.2 Oferta educativa

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una institución pública dependiente de la Secretaría de Educación Pública. Ofrece 8 programas educativos a nivel superior y 2 programas a nivel de posgrado.

Las licenciaturas

- Ingeniería en Gestión Empresarial
- Ingeniería en Sistemas Computacionales
- Ingeniería Bioquímica
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Eléctrica
- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería Química



Figura 1.1 Vista Aérea Edificio D1 Unidad Académica.

### 1.4.3 Posgrado

- Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica
- Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica

La matrícula escolar en licenciatura se conforma de 1 982 estudiantes: 1 473 hombres y 509 mujeres. En el posgrado hay 78 alumnos: 68 hombres y 10 mujeres.

La población de egresados en el nivel de licenciatura es de 2 345 alumnos, de ellos 1 892 son hombres y 453 son mujeres.

Los principales laboratorios con los que cuenta el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez son:

- Microbiología
- Biotecnología
- Química
- Química pesada
- Mecánica
- Sistemas computacionales
- Ingeniería industrial
- Plantas piloto
- Polo Tecnológico Nacional

#### **1.4.4 Misión**

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

#### **1.4.4 Visión**

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

#### **1.4.5 Valores**

- El ser humano
- El espíritu de servicio.
- El liderazgo.
- El trabajo en equipo.
- La calidad.
- El alto desempeño.
- Respeto al medio ambiente

### 1.4.6 Localización

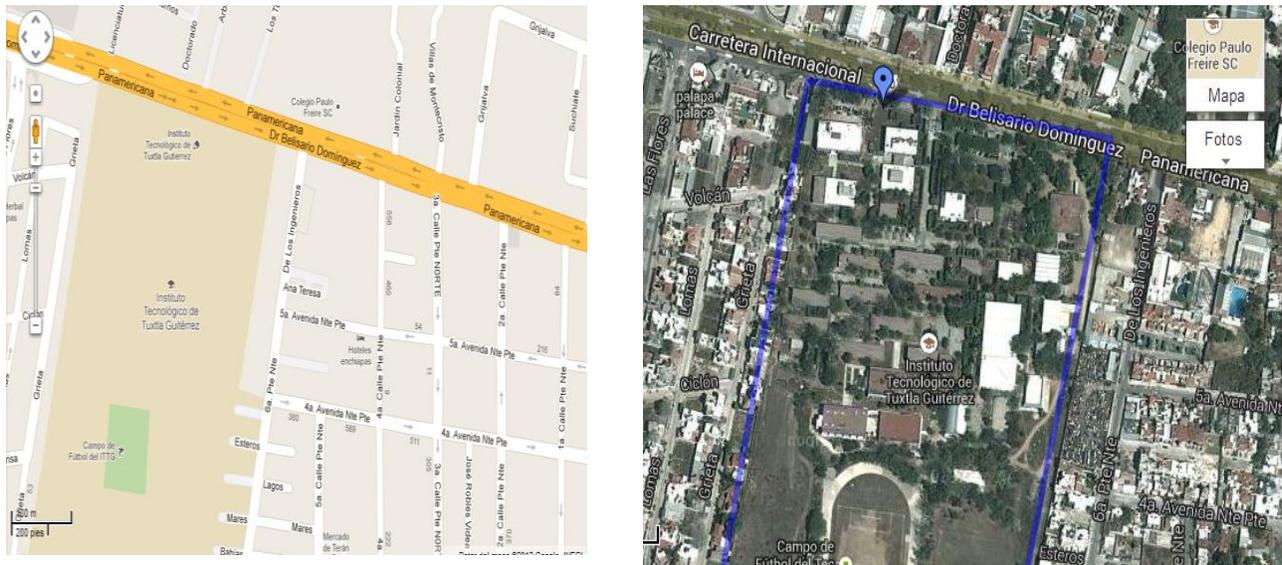


Figura 1.2 Carretera Panamericana Km. 1080. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

### 1.4.7 Área específica relacionada directamente con el proyecto

El laboratorio de Ingeniería Electrónica cuenta con 8 áreas destinadas a la investigación, desarrollo e implementación de proyectos escolares, 5 de las cuales son educativas, en las que los discentes imparten clases de: electrónica digital, PLC, electrónica de potencia, instrumentación, mediciones eléctricas, programación en c y electrónicas analógicas. Dos más son para investigación, una pertenece al grupo de IEEE y la otra es de desarrollo de circuitos electrónicos. La última área está destinada para que los alumnos desarrollen sus actividades en extra clase. Las áreas que se ocuparon en la realización de éste proyecto fueron las de IEEE, las de Electrónicas Analógicas y desarrollo de circuitos electrónicos.

La parte hidráulica del proyecto se realizó en el laboratorio de hidráulica del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas.

## 1.5 Historia

La creación de la UNACH data de 1974, cuando por iniciativa del Dr. Manuel Velasco Suárez, gobernador constitucional del Estado, el Congreso del Estado expide el decreto número 98, del 28 de septiembre de 1974, publicada en el Diario Oficial del Estado de fecha 23 de octubre del mismo año, en el cual se aprueba la ley orgánica que da origen a la UNACH, pero es a partir del 17 de abril de 1975 cuando se inician las actividades formales.

Debido a la heterogeneidad que presenta el Estado y las políticas nacionales de desconcentración de la administración pública, la UNACH adoptó la estructura por campus universitarios, situados en las ciudades más importantes de la entidad. En este decreto fue consignada la función de las escuelas superiores existentes en el Estado. La organización inicial de las áreas académicas era departamental, pero pronto se modificó por el sistema tradicional europeo de escuelas y facultades. Se anunciaron 23 carreras al inicio de las cuales algunas modificaron su nombre, otras se duplicaron debido a la división territorial de la universidad en campus, algunas otras pasaron a otras instituciones de educación superior y otras simplemente desaparecieron.

En esa época la Universidad Autónoma de Chiapas ofreció 24 carreras; para 1975, fecha en que comienzan las actividades docentes de la Universidad, se producen modificaciones al proyecto inicial, debido a que algunas de las carreras cambiaron de nombre, otras fueron sustituidas y otras más se duplicaron en función de las existentes en otras regiones del estado; hubo otras que no entraron en operación. Finalmente, entran en funcionamiento los programas agrupados por campus, distribuidos estos en tres ciudades de tres regiones económicas de la entidad, Centro, Altos y Soconusco. Posteriormente se incorporó el campus V con las carreras de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo, Ingeniero Agrónomo Fitotecnista e Ingeniero Agrónomo Zootecnista, en Villaflores, además surgió el campus VI con las carreras de Pedagogía y Letras latinoamericanas, en Tuxtla Gutiérrez.

Desde su origen, la cobertura de la UNACH abarcó tres regiones: I Centro, II Altos y VIII Soconusco, posteriormente se extendió a las regiones III Fronteriza, IV Frailesca, V Norte y IX Istmo-Costa. En la actualidad la Universidad se conforma por 16 escuelas y facultades, distribuidas en nueve campus universitarios; con esto se cubren siete de las nueve regiones económicas del Estado; los campus de creación reciente son el VII en Pichucalco, VIII en Comitán y IX en Tonalá y Arriaga.

Por otra parte también se integraron los departamentos de lenguas distribuidos en las ciudades de Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de las Casas y Tapachula, y estos departamentos ofrecían los idiomas extranjeros inglés, francés, italiano y alemán así como los dialectos de Tzotzil y Tzeltal (en el caso de San Cristóbal de las Casas).

Hoy en día se encuentran en funcionamiento los programas académicos agrupados por campus, con presencia en todas las regiones económicas de la entidad, quedando integrados de la siguiente forma:

#### **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS:**

- CAMPUS I (Tuxtla Gutiérrez)
- CAMPUS II (Tuxtla Gutiérrez)
- Área de Ciencias Biomédicas: Medicina humana
- CAMPUS III (San Cristóbal de las Casas)
- CAMPUS IV (Tapachula)
- CAMPUS V (Villa flores)
- CAMPUS VI (Tuxtla Gutiérrez)
- CAMPUS VII (Pichucalco)
- CAMPUS VIII (Comitán de Domínguez)
- CAMPUS IX (Istmo-Costa: Tonalá/Arriaga)

### **1.5.1 Campus y Ofertas educativas**

#### **1.5.2 Unidades Académicas**

La UNACH está formada por un conjunto de 13 facultades que se encargan de impartir los programas de grado y posgrado. Cada una de estas facultades tiene sus propios órganos académicos. Además cuenta con una escuela de lenguas y la licenciatura de sistemas computacionales impartida en la facultad de contaduría y administración.

#### **1.5.3 Campus**

El edificio principal queda ubicado al poniente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en la que se encuentran ubicadas la Facultad de Contabilidad y Administración, la Escuela de Idioma Lenguas, la Facultad de Ingeniería, La Facultad de Arquitectura y la Facultad de Humanidades. También se encuentra al sur de la ciudad la Facultad de Medicina Humana, una de las más prestigiadas del país, y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia ubicada a las afueras de la ciudad. Existen otras facultades en los campus de las otras ciudades.

Hay que destacar que en la Ciudad de San Cristóbal de las Casas, se encuentra la Facultad de Derecho, fundada en 1678, siendo en sus orígenes un Colegio Jesuita; a través de los años ésta ha sufrido diferentes cambios, pero siempre concentrándose en los estudios jurídicos. En el año de 1975, pasa a integrar la Universidad Autónoma de Chiapas, siendo una de las columnas vertebrales de esta. Actualmente es una de las mejores a nivel nacional y la única acreditada por CONFEDERACIÓN en el sureste, resumiendo ser la mejor institución de enseñanza del Derecho en el Sureste de la República Mexicana.

La estructura de los Campus de la UNACH son los siguientes:

### **Campus I (Tuxtla Gutiérrez)**

Escuela de Lenguas Los programas de Licenciatura que ofrece la Escuela de Lenguas son:

- Licenciatura en la Enseñanza del Inglés
- Licenciatura en la Enseñanza del Francés

Facultad de Contaduría y Administración Los programas de Licenciatura que ofrece la Facultad de Contaduría y Administración (FCA) son:

- Licenciatura en Administración de Empresas
- Licenciatura en Administración de Agro negocios
- Licenciatura en Comercio Internacional
- Licenciatura en Contaduría
- Licenciatura en Gestión Turística
- Licenciatura en Sistemas Computacionales
- Ingeniería Agroindustrial

Los programas de maestría que se ofrecen en esta Facultad son:

- Maestría en Administración con terminal en Organizaciones, Finanzas, Personal, Mercadotecnia, Dirección de negocios, Administración pública, Gestión y Planificación Turística, Tecnologías de Información
- Maestría en Gestión para el Desarrollo

Los programas de doctorado que se ofrecen en esta Facultad son:

- Doctorado en Gestión para el Desarrollo

Facultad de Arquitectura Los programas de Licenciatura que ofrece la Facultad de Arquitectura son:

- Licenciatura en Arquitectura

Los programas de maestría que se ofrecen en esta Facultad son:

- Maestría en Arquitectura y Urbanismo
- Especialidad en Proyectos de Arquitectura y Urbanismo

Facultad de Ingeniería Los programas de Licenciatura que ofrece la Facultad de Ingeniería son:

- Ingeniería Civil
- Licenciatura en Física

- Licenciatura en Matemática

Los programas de maestría que se ofrecen en esta Facultad son:

- Maestría en Ingeniería con opción terminal en Calidad del agua, Construcción, Hidráulica
- Maestría en Ciencias con Especialidad en Matemática Educativa
- Especialidad en Didáctica de las Matemáticas

### 1.5.2 MISIÓN

Ser una institución de educación superior, pública y autónoma, que genera, recrea y extiende el conocimiento; formar profesionales capaces, críticos, propositivos y creativos, con espíritu ético y humanista, conciencia histórica y social y comprender y anticipar la complejidad de la realidad social, para incidir con responsabilidad en el desarrollo de Chiapas y de México, con respeto a la identidad cultural de los pueblos, a la biodiversidad y al ambiente.

La Universidad Autónoma de Chiapas es una institución reconocida socialmente por la calidad de sus egresados, por su actividad científica y tecnológica, y por la transparencia y credibilidad de su gestión. Con programas educativos acreditados y procesos certificados; innovadora y articulada en redes de cooperación, centrada en lo local e inspirada en el pensamiento universal, y estrechamente vinculada al desarrollo de la sociedad chiapaneca.

### 1.5.4 Localización

Bldv. Belisario Domínguez Km. 1081, Colina Universitaria, CP 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

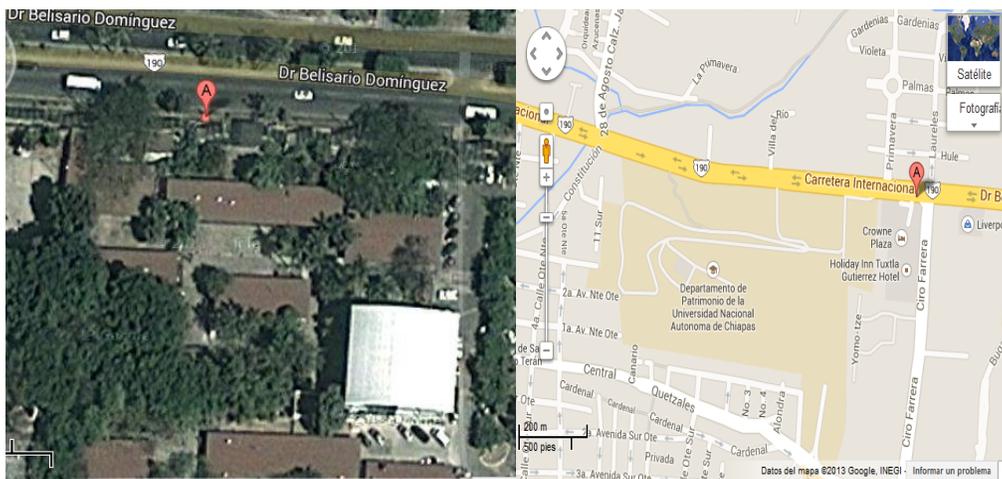


Figura 1.3 Vista aérea

## 1.6 Problemas a resolver, priorizándolos

1. Revisión bibliográfica sobre canales de riego de pendiente variable y sensores de presión.
2. Selección del sensor de presión del sistema de medición y diseño del circuito electrónico digital para medir caudales y volúmenes escurridos.
3. Calibración del sistema electrónico de medición de caudales y volúmenes escurridos.

## 1.7 Alcances y limitaciones

El proyecto se enfocó en el diseño de un medidor de caudales acoplado a un aforador de garganta larga de sección crítica basado en electrónica digital, pero dados los tiempos de adquisición del sensor se optó por hacer una simulación con el objeto de hacer pruebas y calibración del circuito digital.

## CAPITULO 2. Fundamento teórico

### 2.1 CANAL

Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera. Los canales pueden ser naturales (Ríos o arroyos) o artificiales (Construidos por el hombre). Dentro de estos últimos pueden incluirse aquellos conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas, tuberías)

- Los canales naturales influyen todos los tipos de agua que existen de manera natural en la tierra, lo cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes, y estuarios de mareas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales.

Las propiedades hidráulicas de un canal natural por lo general son muy irregulares. En algunos casos pueden hacerse suposición es empíricas

razonablemente consistente en las observaciones y experiencias reales, de tal modo que las condiciones de flujo en estos canales se vuelvan manejables mediante tratamiento analítico de la hidráulica teórica.

- Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras etc. así como canales de modelos de laboratorio con propósitos experimentales las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados.

La aplicación de las teorías hidráulicas a canales artificiales producirán, por tanto, resultados bastantes similares a las condiciones reales y, por consiguiente, son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseños.

La canaleta es un canal de madera, de metal, de concreto de mampostería, a menudo soportado en o sobre la superficie del terreno para conducir el agua a través de un de una depresión. La alcantarilla que fluye parcialmente llena, es un canal cubierto con una longitud compartida mente corta instalada para drenar el agua a través de terraplenes de carreteras o de vías férreas. El túnel con flujo a superficie libre es un canal compartida mente larga, utilizada para conducir el agua a través de una colina o a cualquier obstrucción del terreno.

## 2.2 TIPOS DE FLUJO

El flujo en canales abierto puede clasificarse en muchos tipos y distribuirse de diferentes maneras. La siguiente clasificación se hace de acuerdo con el cambio en la profundidad del flujo con respecto al tiempo y al espacio.

- **FLUJO PERMANENTE Y NO PERMANENTE:** tiempo como criterio. Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración.
- **EL FLUJO ES NO PERMANENTE** si la profundidad no cambia con el tiempo. En la mayor parte de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente, el nivel de flujo cambia de manera instantánea a medida que las ondas pasan y el elemento tiempo se vuelve de vital importancia para el diseño de estructuras de control. Para cualquier flujo, el caudal  $Q$  en una sección del canal se expresa por  $Q=VA$ . Donde  $V$  es la velocidad media y  $A$  es el área de la sección transversal de flujo perpendicular a la dirección de este, debido a que la velocidad media está definida como el caudal dividido por el área de la sección transversal.

- **FLUJO UNIFORME Y FLUJO VARIADO:** espacio como criterio. Se dice que el flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad del flujo es la misma en cada sección del canal. Un flujo UNIFORME puede ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo. El flujo uniforme permanente es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abiertos. La profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración. El establecimiento de un flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie del agua fluctuara de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal.

El flujo es VARIADO si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal.

- El flujo VARIADO PUEDE SER PERMANENTE O NO PERMANENTE es poco frecuente, el término "FLUJO NO PERMANENTE" se utilizara de aquí en adelante para designar exclusivamente el flujo variado no permanente.

El flujo variado puede clasificarse además como rápidamente varia o gradualmente variado. El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias compartida mente cortas; de otro modo, es gradualmente variado. Un flujo rápidamente variado también se conoce como fenómeno local.

**ESTADO DE FLUJO.** El estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad con relación con las fuerzas inerciales del flujo.

**EFFECTO DE VISCOSIDAD.** El flujo puede ser laminar, turbulento o transaccional según el efecto de la viscosidad en relación de la inercia.

**EL FLUJO ES LAMINAR:** si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales, de tal manera que la viscosidad juega con un papel muy importante en determinar el comportamiento del flujo. En el flujo laminar, las partículas de agua se mueven en trayectorias suaves definidas o en líneas de corriente, y las capas de fluido con espesor infinitesimal parecen deslizarse sobre capas adyacentes.

**EFFECTO DE LA GRAVEDAD.** El efecto de la gravedad sobre el estado del flujo representa por relación por las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales.

**REGIMENES DE FLUJO:** en un canal el efecto combinado de la viscosidad y la gravedad puede producir cualquiera de 4 regímenes de flujo, los cuales son:

1. subcrítico-laminar
2. súper crítico-laminar
3. subcrítico-turbulento
4. supercrítico-turbulento

## 2.3 GEOMETRIA DEL CANAL.

Un canal con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. De otra manera, el canal es no prismático; un ejemplo es un vertedero de ancho variable y alineamiento curvo. Al menos que se indique específicamente los canales descritos son prismáticos.

- El trapecio es la forma más común para canales con banquetas en tierra sin recubrimiento, debido a que proveen las pendientes necesarias para la estabilidad.
- El rectángulo y el triángulo son casos especiales del trapecio. Debido a que el rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales construidos para materiales estables, como mampostería, roca, metal o madera. La sección transversal solo se utiliza para pequeñas asqueas, cunetas o a lo largo de carreteras y trabajos de laboratorio.
- El círculo es la sección más común para alcantarillados y alcantarillas de tamaño pequeño y mediano.

El flujo de agua en un conducto puede ser flujo en canal abierto o flujo en tubería. Estas dos clases de flujos son similares en diferentes aspectos, pero estos se diferencian en un aspecto importante.

El flujo en canal abierto debe tener una superficie libre, en tanto que el flujo en tubería no la tiene, debido a que en este caso el agua debe llenar completamente el conducto.

Las condiciones de flujo en canales abiertos se complican por el hecho de que la composición de la superficie libre puede cambiar con el tiempo y con el espacio, y también por el hecho de que la profundidad de flujo, el caudal y las pendientes del fondo del canal y la superficie libre son interdependientes.

En estas la sección transversal del flujo, es fija debido a que está completamente definida por la geometría del conducto. La sección transversal de una tubería por lo general es circular, en tanto que la de un canal abierto puede ser de cualquier forma desde circular hasta las formas irregulares en ríos. Además, la rugosidad en un canal abierto varía con la posición de una superficie libre. Por consiguiente la selección de los coeficientes de fricción implica una mayor incertidumbre para el caso de canales abiertos que para el de tuberías, en general, el tratamiento del flujo en canales abiertos es más que el correspondiente a flujo en tuberías. El flujo en un conducto cerrado no es necesariamente flujo en tuberías si tiene una superficie libre, puede clasificarse como flujo en canal abierto.

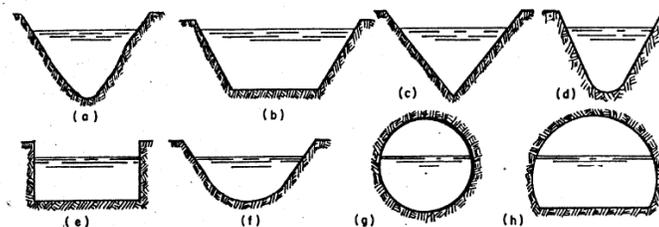


Figura 2.1 formas diversas de conductos abiertos, (a) río; (b) canal trapecoidal; (c) canal triangular; (d) canal de fondo redondeado; (e) canal rectangular; (f) canal de sección

parabólica; (g) alcantarilla; (h) galería de servicio.

En nuestro caso las medidas del caudal son de 8cm de ancho, 25 cm de alto y una longitud de 5 metros la velocidad va como de 25 litros/segundo.

## 2.4 Características hidráulicas del canal

La mayoría de las veces, las secciones transversales (area de flujo) representan trapecios, rectángulos, ovalos, círculos, etc., parcialmente llenos de agua, el perfil más difundido del canal abierto es el trapezoidal, se explica por el hecho de que sus taludes son mucho más estables que los de las secciones de otros tipos.

Para realizar los cálculos de la sección hidráulica adoptaremos las siguientes designaciones:

y= distancia vertical del fondo a la superficie libre

b= ancho del fondo o base del canal

d= distancia perpendicular del fondo a la superficie libre (tirante del flujo).

T= ancho de la sección del canal en la superficie libre

A= area de la sección transversal del flujo normal a la dirección del flujo

P= perímetro mojado

R= radio hidráulico  $R_H = \frac{A}{P}$

D= profundidad hidráulica (tirante medio)  $D = \frac{A}{T}$

Z= factor de sección:

Para flujo uniforme  $Z=A \cdot R$

z = talud o inclinación de la superficie laterales (canales triangulares, trapezoidales, con fondo redondeado).

$s_0$  = Pendiente del fondo (o pendiente de la planilla).

S= pendiente de la superficie libre del líquido.

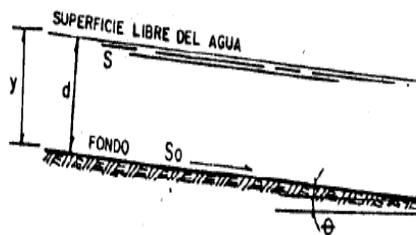
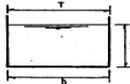
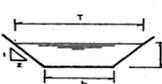
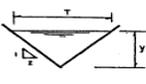
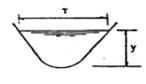


Figura 2.2. Corte longitudinal del canal

En nuestro caso las medidas del caudal son de 8cm de ancho, 25 cm de alto y una longitud de 5 metros la velocidad va como de 25 litros/segundo.

Tabla 2.1 Elementos geométricos de las secciones más comunes

S E C C I O N				
	RECTANGULAR	TRAPEZIAL	TRIANGULAR	PARABOLICA
				
AREA, A	$by$	$(b + zy)y$	$zy^2$	$2/3 Ty$
PERIMETRO MOJADO, P	$b + 2y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$T + \frac{8}{3} \frac{y^2}{T}$
RADIO HIDRAULICO, $R_H = A/P$	$\frac{by}{b + 2y}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$\frac{2T^2y}{3T^2 + 8y^2}$
ANCHO DE LA SUPERFICIE LIBRE, T	$b$	$b + 2zy$	$2zy$	$\frac{3}{2} \frac{A}{y}$
PROFUNDIDAD HIDRAULICA $D = A/T$	$y$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$	$\frac{1}{2} y$	$2/3 y$

## 2.5 Ecuaciones Fundamentales del Flujo uniforme

En la mecánica de fluidos los métodos de análisis consideran la capacidad de un flujo para transportar materia y el mecanismo por el que se cambia sus propiedades de un lugar a otro, para lo cual se establece como axioma que en los fluidos se satisfagan los principios básicos de la mecánica del medio continuo (Sotelo, 1997).

1. Conservación de la materia
2. Segunda ley de Newton
3. Conservación de la energía
4. Segunda ley de la termodinámica

Para nuestro principal interés que es el de estudiar el escurrimiento de líquidos, siendo a aun más específico; agua. Basta con la obtención de las tres ecuaciones fundamentales de la hidráulica. Partiendo únicamente con los dos primeros principios antes mencionados.

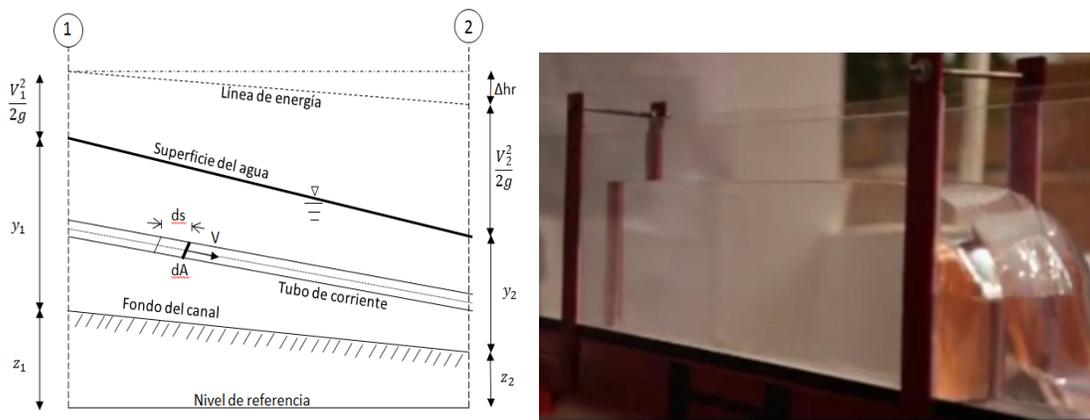


Figura. 2.3 Esquema de flujo en canales a superficie libre

Para la mayoría de las aplicaciones prácticas de la hidráulica es suficiente considerar a la corriente total como un tubo de corriente, con una velocidad promedio  $V$  en cada sección transversal. En este caso, las ecuaciones fundamentales son aplicables en su forma más simple, la forma unidimensional (Naudascher, 1999).

### 2.5.1 Ecuación de Continuidad (conservación de la masa)

La cantidad de masa que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo se llama razón de flujo de masa, o simplemente flujo o gasto másico (Cengel-Cimbala, 2010).

El gasto diferencial de masa de agua que fluye a través de un pequeño elemento de área  $dA$ , en una sección transversal, es directamente proporcional al propio  $dA$ , a la densidad  $\rho$  del fluido y a la componente de la velocidad  $V$  del flujo normal a  $dA$  (Figura 1.1) (Naudascher, 1999).

$$dQ = \rho (\vec{V} \cdot \vec{n}) dA \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Bajo las hipótesis siguientes de que en una sección cualquiera de la superficie de control:

- a) el líquido es homogéneo

El vector normal  $\vec{n}$  y el vector de velocidad  $\vec{V}$  del flujo siempre siguen la misma dirección a través de toda la sección. Entonces el producto punto  $(\vec{V} \cdot \vec{n})$  se convierte, simplemente, en la magnitud de la velocidad  $V$

- b) el fluido es incompresible

Las relaciones de conservación de la masa se pueden simplificar todavía más cuando el fluido es incompresible, el cual suele ser el caso para los líquidos. Entonces para este caso la densidad es constante.  $\rho = \text{constante}$ .

Aceptando las hipótesis anteriores entonces la ecuación 2.1 del principio de conservación de masa se puede escribir de la siguiente forma:

$$dQ = V dA \quad \text{Ec.(2.2)}$$

Al integrar esta ecuación en el volumen de control seleccionado dentro del campo total del flujo, entre las secciones transversales 1 y 2. Resulta:

$$\int dQ = \int V dA \quad \text{Ec.(2.3)}$$

Desarrollando la integral queda:

$$Q = V A = \text{cte} \quad \text{Ec.(2.3)}$$

O bien

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 = \text{cte} \quad \text{Ec.. (2.4)}$$

Es decir, el gasto o caudal  $Q = VA$  se mantiene constante a lo largo de la sección de control.

La ecuación es válida tanto para flujo estacionario (constante con respecto al tiempo) como para flujo no estacionario (variable entre instantes de tiempo).

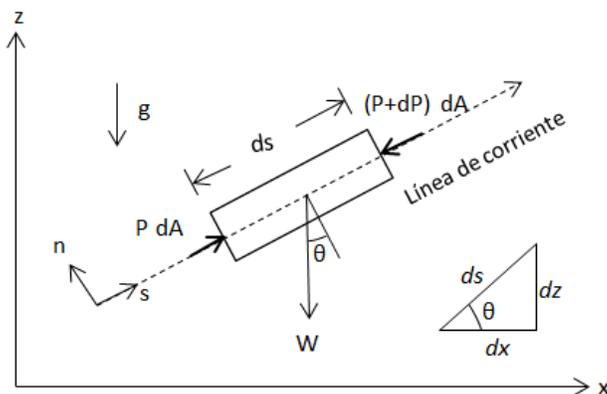


Figura 2.4 Fuerzas que actúan sobre una partícula de fluido a lo largo de una línea de corriente.

### 2.5.2 Ecuación de la energía

Considere el movimiento de una partícula de fluido en un campo de flujo estacionario (Figura 2.4). Cuando se aplica la segunda ley de Newton (la cual se define como la relación de conservación del momento lineal en la mecánica de fluidos) en la dirección  $s$ , sobre una partícula en movimiento a lo largo de una línea de corriente, da: (Cengel-Cimbala, 2010)

$$\sum F_s = m a_s \tag{Ec. (2.5)}$$

En el segundo miembro de la ecuación del movimiento se tiene el cambio correspondiente de energía cinética. Siendo un elemento de masa  $m = \rho dA ds$  (Figura 2.3) y el vector,  $a_s$  definido como  $V \frac{dV}{ds}$ .

Despreciando las fuerzas de fricción (viscosidad) y considerando que la presión en cualquier punto no varía en el tiempo y se considera únicamente las fuerzas de gravedad (peso de la partícula), entonces la ecuación de la energía para el elemento  $dm$  se escribe de la forma siguiente:

$$P dA - (P + dP)dA - W \text{ sen } \theta = \rho dA ds V \frac{dV}{ds} \tag{Ec. (2.6)}$$

Donde  $W = mg = \rho g dA ds$  es el peso de la partícula de fluido y  $\sin \theta = dz/ds$ . Sustituyendo estos valores y cancelando  $dA$  de cada término para simplificar, obtenemos:

$$-dP - \rho g dz = \rho V dV \quad \text{Ec. (2.7)}$$

Integrando la ecuación anterior, notando que  $V dV = \frac{1}{2}d(V^2)$  y dividiendo cada término entre  $\rho$ , entonces queda:

$$\int \frac{dP}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz = cte \quad \text{Ec. (2.8)}$$

La ecuación anterior es la ecuación general para un flujo estacionario a lo largo de una línea de corriente.

Ahora bien, para el caso del flujo incompresible, donde  $\rho = \text{constante}$  y desarrollando la integración, la ecuación 2.8 queda simplificada de la siguiente forma:

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz = cte \quad \text{Ec. (2.9)}$$

Esta es conocida también como la ecuación de Bernoulli, que también puede escribirse entre dos puntos cualesquiera sobre la misma línea de corriente, y si además consideramos el coeficiente  $\alpha$  de corrección de la energía cinética (coeficiente de coriolis) entonces estaremos definiendo a la *ecuación de la energía* como:

$$\frac{P_1}{\rho} + \alpha \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \alpha \frac{V_2^2}{2} + gz_2 + \Delta hr \quad \text{Ec. (1.10)}$$

Donde  $\Delta hr$  es la pérdida de energía entre las dos secciones (recordemos que para este caso estamos despreciando las pérdidas de energía provocadas por la viscosidad). *La suma de estos tres términos (energía potencial, energía de presión y carga de velocidad) se conoce como carga total de energía, H* (Naudascher, 1999). La ecuación de la energía queda entonces de la siguiente forma:

$$\frac{P}{\rho g} + \alpha \frac{V_1^2}{2g} + z = H \quad \text{Ec. (2.11)}$$

### 2.5.3 Ecuación del impulso o cantidad de movimiento

La ecuación de la cantidad de movimiento en un cuerpo libre o volumen de control se deriva de la segunda ley de Newton (Sotelo, 1999). La segunda ley de Newton afirma que la aceleración de un cuerpo es proporcional a su masa, y que la razón de cambio de la cantidad de movimiento de un cuerpo es igual a la fuerza neta que actúa sobre ese cuerpo. El producto de la masa y de la velocidad de un cuerpo se llama *cantidad de movimiento* (Cengel-Cimbala, 2010).

Para el elemento de masa  $dm = \rho ds dA$  (Figura 2.3) y la ecuación 2.5 que describe la segunda ley de Newton se tiene entonces que:

$$d\vec{F} dt = \rho ds dA d\vec{V} \quad \text{Ec. (2.12)}$$

Donde  $dF$  es la fuerza exterior resultante sobre el elemento de volumen considerado.

Las fuerzas externas son de dos tipos:

- a) Fuerzas de superficie que actúan sobre la masa de fluido. A su vez pueden ser:
  - Fuerzas  $F_p$ , fuerza resultante de la presión ejercida sobre las superficies de frontera del volumen de control.
  - Fuerzas  $F_\tau$ , fuerza resultante producida por el esfuerzo tangencial generado sobre el fondo y paredes del volumen de control.
- b) Fuerzas de cuerpo  $F_c$ , debido al peso del volumen de control (Sotelo, 2002).

Si consideramos que el flujo es estacionario y además es incompresible ( $\rho = \text{constante}$ ) y que el volumen de control está limitado por las secciones 1 y 2, sustituyendo la ecuación 2.12 por las relaciones  $ds = v dt$  y  $dQ = v dA$ , para luego de dividir entre  $dt$ . Así resulta la *ecuación de la cantidad de movimiento*:

$$\vec{F} = \rho Q (\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1) \quad \text{Ec. (1.13)}$$

$\vec{F} = F_p + F_\tau + F_c$ , representa la fuerza resultante que actúa desde el exterior sobre el volumen de control considerado, y  $\beta$  es un coeficiente de corrección (denominado también coeficiente de Boussinesq) (Naudascher, 1999).

## 2.6 Presión

Se denomina presión a la magnitud que relaciona la fuerza aplicada a una superficie y el área de la misma (solo aplicada a fluidos). La presión se mide con manómetros o barómetros, según el caso.

Las unidades de presión son:

En el Sistema Internacional de unidades (S.I.) la unidad de presión es el pascal que equivale a la fuerza normal de un newton cuando se aplica en un área de metro cuadrado.  $1\text{ pascal} = 1\text{ N/m}^2$  y un múltiplo muy usual es el kilopascal (Kpa.) que equivale a  $100\text{ N/m}^2$  o 1000 pascales y su equivalente en el sistema inglés es de  $0.145\text{ lb./in}^2$ .

## 2.7 Presión de un fluido

Un sólido es un cuerpo rígido y puede soportar que se le aplique fuerza sin que cambie sensiblemente su forma, un líquido solo puede soportar que se le aplique fuerza en una superficie o frontera cerrada si el fluido no está restringido en su movimiento, empezará a fluir bajo el efecto del esfuerzo cortante en lugar de deformarse elásticamente.

La fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene actúa siempre en forma perpendicular a las paredes.

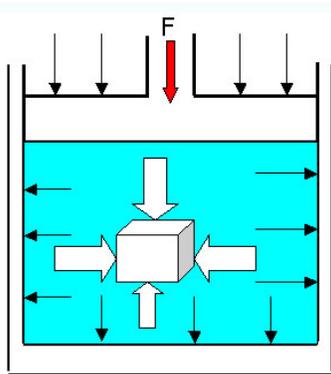


Figura 2.5 Los líquidos ejercen presión en todas direcciones

## 2.8 Consumo y desperdicio del agua en México

Los usos del agua se clasifican en consuntivo y no consuntivo.

Uso consuntivo. Es en el que por las características del proceso hay pérdidas volumétricas de agua es decir, la cantidad de agua que sale es menor a la que

regresa a la fuente de abastecimiento. Se incluyen aquí los usos industrial, agrícola, pecuario y público urbano (doméstico, comercial, de servicios e industrial, que se distribuye por una red urbana).

Uso no consuntivo. En éste no hay pérdidas, la cantidad de agua que sale es la misma o casi la misma que sale del proceso. Ejemplos de usos no consuntivos son los que predominan en hidroeléctricas, la acuicultura, la navegación y el uso ambiental.

En México, más de 75% del agua dulce de que se dispone se usa en actividades agrícolas, y de esta agua, 57% se pierde o desperdicia por utilizar métodos o una infraestructura ineficaces de riego.

Si se mejoran los sistemas de riego y el desperdicio de agua disminuye, esa agua ahorrada no debiera aplicarse para extender la frontera agropecuaria, cuyo crecimiento desmedido es el mayor responsable de la pérdida de bosques y selvas en nuestro país, a un ritmo de más de un millón de hectáreas cada año (equivalente al tamaño del estado de Querétaro).

El uso agropecuario incluye los usos agrícola, pecuario, en acuicultura<sup>18</sup> y los múltiples.

Hay que resaltar que el sector agrícola emplea aproximadamente 21% de la población económicamente activa y sólo genera 4% del producto interno bruto (PIB).

Por otra parte, el abastecimiento público, que incluye a la industria conectada a la red de distribución, utiliza 14% y la industria autoabastecida, 10%.

La gráfica 1 permite comparar las proporciones en la manera en que se usa el agua en los países de ingresos medios y bajos, con los países de ingresos elevados.

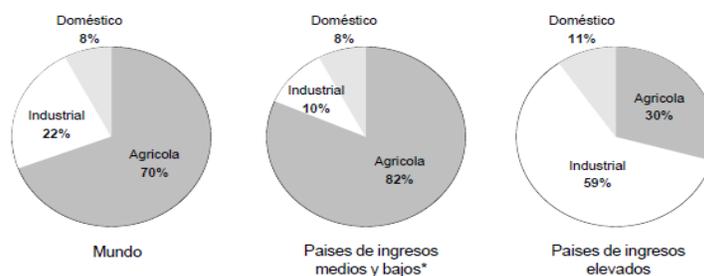


FIGURA 2.6 USOS ALTERNATIVOS DEL AGUA SEGÚN EL NIVEL DE INGRESOS DE LOS PAISES

En términos de consumo doméstico, es importante señalar que éste difiere considerablemente según el nivel de ingreso de las personas. En el Distrito Federal el consumo de agua es en promedio de 171 litros por persona al día; se calcula que en los grupos de mayores ingresos se incrementa a 600 litros y que se reduce a sólo 20 litros por persona al día en los estratos de ingresos más bajos, que suman decenas de miles de ciudadanos. Sin embargo, el consumo básico debe ser de 50 litros por persona.

Para tener una visión más clara citaremos el ejercicio realizado por la Procuraduría Federal del Consumidor en el marco del Día Mundial del Agua en marzo de 2005, con la finalidad de crear conciencia ambiental y evitar el desperdicio del vital líquido. Se calculó el tiempo promedio que una familia de cinco integrantes tarda en realizar sus actividades cotidianas: bañarse, lavarse los dientes, lavar los trastes y “barrer” la calle, lo cual se contrastó con la cantidad de agua que sale de una llave común (siete litros por minuto), considerando que durante su realización no se cierra la llave, como suele ocurrir en la realidad. Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 2.2 CONSUMO DE AGUA PROMEDIO POR FAMILIA

CONSUMO DE AGUA EN UNA FAMILIA DE CINCO MIEMBROS			
ACTIVIDAD	NÚM. DE CUBETAS DE 20 L. UTILIZADAS	CONSUMO NO CONSIDERADO EN ESTE EJERCICIO	CONSUMO DE ACUERDO CON DATOS OFICIALES
Baño en la regadera (20 minutos)	7	Todos se bañan diario: 700 Litros	Las regaderas economizadoras gastan 10 litros por minuto: una común gasta en promedio 26
Lavarse los dientes (3 minutos)	1	Todos se lavan los dientes 3 veces al día: 300 Litros	
“Barrer” la calle con la manguera (15 minutos)	5.25		
Lavar los trastes (30 minutos)	10.5		Al lavar los trastes se consumen hasta 25 litros por minuto
Lavar el coche con manguera (15 minutos)	5.25		

### 2.7.1 Consumo de agua en una familia de cinco miembros

La familia consumió 71 cubetas de 20 litros, o sea 1 420 litros. Esto, sin tomar en cuenta que si los cinco miembros de esa familia utilizan el sanitario por lo menos seis veces al día, consumen 180 litros de agua si cuentan con un depósito ahorrador de agua, y de 360 de no ser así. Además, si los sanitarios tienen fugas pueden causar un desperdicio de agua de cien a mil litros al día.

Las cifras de desperdicio significan que 36% del agua que utiliza una persona se derrocha en el inodoro, 31% en la higiene corporal, 14% en el lavado de ropa, 8% en riego de jardines, lavado de automóviles, limpieza de vivienda, actividades de esparcimiento y otras. Sin embargo, toda esta agua sería suficiente para que 290 personas beban al día la cantidad del líquido necesario para mantener óptimamente las funciones corporales.

### 2.7.2 CAUSAS DEL DESPERDICIO DE AGUA

De los 20 millones de hectáreas de superficie cultivada en México, poco más de 6 millones son de irrigación, lo que coloca al país entre los primeros del mundo con superficie irrigada. Este sector es el responsable de consumir 83% del total del agua utilizada en México (61.2 km<sup>3</sup>), del cual se desperdicia alrededor de 50% por

operación ineficiente, por prácticas inadecuadas del uso del líquido en parcelas (riego por inundación), por problemas institucionales (falta de coordinación en la elaboración de las políticas públicas) y por cultivos inapropiados (como la alfalfa en zonas áridas).

En México la eficiencia global (la media de conducción del agua y la de aplicación parcelaria) es de 45%.

Esto se debe a que hay serios problemas financieros para rehabilitar, mantener y operar la infraestructura requerida en los distritos de riego, así como para modernizar los sistemas de irrigación. En la actualidad, 800 mil hectáreas bajo riego son aprovechadas parcialmente, pues requieren de infraestructura complementaria, tecnificación y solución a problemas legales. La productividad por hectárea es baja. Un porcentaje considerable de los distritos de riego no es rentable y los precios de sus productos no son competitivos.

La ineficiencia del sector agrícola se expresa por medio de cifras, pues consume 83% del agua del país, la cual se le proporciona de manera gratuita. Además, se le subsidia la electricidad para bombeo, está exento de cobro de derechos por concepto de aguas residuales y genera sólo el 3% del producto interno bruto. Debe señalarse que, en la mayoría de los casos, son los agricultores más ricos quienes reciben agua subsidiada, en virtud de los planes estatales, mientras que los agricultores pobres deben pagar el costo total del agua de riego.

Generalmente, también son los grandes agricultores los responsables de las talas en gran escala, los que utilizan desmedidamente los productos químicos agrícolas, los que explotan en demasía los recursos de aguas subterráneas con destino al riego, los que utilizan también en exceso las tierras de pastoreo y los que explotan desmesuradamente los suelos con cultivos para la exportación.

En la región de La Laguna, en los estados de Durango y Coahuila, en medio del desierto, la empresa

Lala promueve la siembra de alfalfa, la cual requiere grandes cantidades de agua; se calcula que por cada litro de leche que se produce se requieren alrededor de mil litros de agua. Cada año se extraen 1 millón 200 mil m<sup>3</sup> de 3 000 pozos, los cuales no vuelven a recargarse, y entre las primeras víctimas del agua en esa zona están los campesinos.

También es importante señalar que la agricultura genera un grave deterioro ambiental de los cuerpos de agua, debido, por ejemplo, al retorno de plaguicidas y fertilizantes que no se someten a ningún tipo de regulación ambiental.

### **2.7.2 Costo del agua en México**

El costo del agua es muy difícil de definir e incluso se puede convertir en un problema ético y filosófico. El agua que pasa por un río puede considerarse como el aire que se respira: que es gratis o que es un regalo divino. Sin embargo, el agua que se recibe entubada requiere de gastos, que varían de acuerdo con la distancia y altura por la que tiene que trasladarse el agua, su disponibilidad, los materiales, la tecnología y la eficiencia, entre otras variables que forzosamente

cambian de un lugar a otro. Además, deben considerarse los costos por retirar las aguas residuales y darles tratamiento.

Por otro lado se encuentran las tarifas que los organismos operadores cobran por el servicio. Hay estructuras tarifarias en las que con el incremento de consumo aumenta el costo del metro cúbico y se cobra de forma diferenciada por su uso. En los cuadros 7 y 8 se presentan tarifas del año 2003 de uso doméstico y comercial industrial para algunas ciudades del país.

TABLA 2.3 TARIFAS POR USO DOMESTICO EN DIFERENTES CIUDADES DEL PAIS

TARIFAS POR USO DOMÉSTICO EN DIFERENTES CIUDADES DEL PAÍS PARA 2003 (pesos)					
CIUDADES	RANGOS DE CONSUMO LÍMITES EN M <sup>3</sup>		CONSUMO DOMÉSTICO POPULAR		PERIODO DE COBRO
	INFERIOR	SUPERIOR	COBRO MÍNIMO	POR M <sup>3</sup>	
Aguascalientes	0 11	10 20	71.73 71.73	4.77	Mensual
Mexicali	0 30	5 60	22.83	1.81	Mensual
Tuxtla Gutiérrez	0 16	15 40	23.42	2.20	Mensual
Torreón	0 11	10 20	32.23	3.62	Mensual
D.F.	0 10.1	10 20	12.73 12.73	0.00 1.50	Bimestral
Acapulco	0 10.1	10 50	31.20 31.20	5.88	Mensual
Pachuca	0.0 9.0	8 12	12.62	3.24	Mensual
Morelia	0 16	15 30		1.16 1.22	Mensual
Chetumal	0 11	10 20	33.91 36.64	3.32	Mensual
Hermosillo	0 11	10 14	25.27	2.13	Mensual
Tampico	0 6	5 10	21.52 23.47		Mensual
Coatzacoalcos	0 21	20 30	44.67	2.37	Mensual

TABLA 2.3 TARIFAS POR EL USO DOMESTICO

TARIFAS POR USO COMERCIAL E INDUSTRIAL EN DIFERENTES CIUDADES DEL PAÍS PARA 2003 (pesos)								
CIUDADES	RANGOS DE CONSUMO LÍMITES EN M <sup>3</sup>		CONSUMO COMERCIAL		RANGOS DE CONSUMO		CONSUMO INDUSTRIAL	
	INFERIOR	SUPERIOR	COBRO MÍNIMO	POR M <sup>3</sup>	INFERIOR	SUPERIOR	COBRO MÍNIMO	POR M <sup>3</sup>
Aguascalientes	0 11	10 20	149.58 149.58	0.00 11.97	0 11	10 20	179.49 179.49	0.00 17.95
Mexicali	0 0	5 35	96.55 113.54		0 0	5 35	96.55 113.54	
Tuxtla Gutiérrez	0 16	15 40	82.80	5.57	0 16	15 40	103.25	6.90
Torreón	0 11	10 20	61.96	7.50	0 11	10 20	62.05	7.57
D.F.	0 10.1	10 20	76.40 152.72	0.00 0.00	0 10	10 20	76.40 152.72	0.00 0.00
Acapulco	0 10.1	10 100	147.01 147.01	19.59	0 10.1	10 100	147.01 147.01	147.01 19.59
Pachuca	0.0 9.0	8 12	21.98	4.80	0.0 51.0	50 250	355.35	9.83
Morelia	0 11	10 15		9.32 10.04	0 16	15 30		13.73 13.77
Chetumal	0 11	10 20	34.93 55.30	10.04	0 11	10 50	20.96 55.52	4.92
Hermosillo	0 11	10 14	141.92	9.51	0 11	10 14	141.92	9.51
Tampico	0 21	20 30	81.22	4.93	0 21	20 30	108.85	6.38
Coatzacoalcos	0 21	20 30	88.61	4.75	0 21	20 30	141.76	7.60

Sin embargo, es importante considerar que las tarifas no necesariamente reflejan el costo que tiene para un organismo operador proporcionar esa cantidad de agua. Con frecuencia, el agua para diferentes usos es subsidiada.<sup>3</sup> Esto sucede en la mayoría de los casos del uso doméstico que se distribuye por red. En otros casos, el agua para consumo comercial se cobra por arriba de lo que cuesta en cuanto a costos energéticos y de infraestructura, para hacer un subsidio cruzado con el uso doméstico. De cualquier manera, debe tenerse presente que el propio costo de la energía puede estar subsidiado, lo cual oculta los costos reales de bombeo del agua.

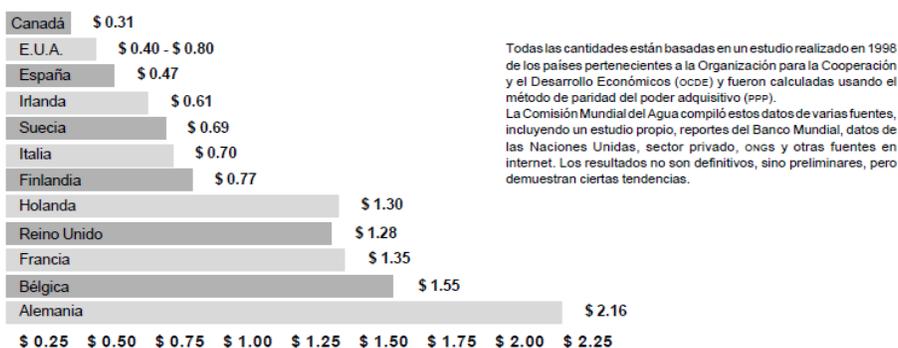
Además, en México generalmente no se consideran los costos ambientales en las tarifas de cualquier tipo de usuario. Por estas razones, es importante señalar que al establecer las tarifas no sólo se deben considerar los aspectos técnicos (que incluso por sí solos tendrían dificultades para definir el costo “real” del agua), sino también los aspectos sociales y políticos.

Por otro lado, es muy común que las industrias cuenten con sus propios pozos de extracción. En estos casos el cobro puede ser fijo, sin considerar los volúmenes de agua extraídos, por lo que el agua puede salirles baratísima.

### 2.7.3 Costo del agua en otros países

Por las mismas razones expuestas en el apartado anterior, el costo del agua en otros países varía mucho. En la gráfica 2 se presenta una comparación de tarifas de agua en diversos países.

TABLA 2.4 PRECIOS TÍPICOS DEL AGUA MUNICIPAL EN OTROS PAISES



### **2.7.4 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas**

Como ya se mencionaba el objetivo principal es el diseño de un medidor de caudales acoplado a un aforador de garganta larga de sección crítica basado en electrónica digital y para su construcción se realizaran las siguientes actividades.

- La Revisión bibliográfica sobre sensores de presión en canales de riego de pendiente variable.
- La Selección del sensor de presión para el sistema de medición y diseño del circuito electrónico digital para medir caudales.
- La Construcción del circuito digital para el acondicionamiento de la señal del sensor.
- Calibración del sistema electrónico de medición de las variables de caudales y volúmenes escurridos.
- El Informe final del proyecto.

## CAPITULO 3. Resultados y conclusiones

### 3.1 Resultados, planos, gráficas, prototipos y programas

Simulación en proteus del conexionado del teclado con el arduino y la pantalla lcd.

### 3.2 SIMULACION

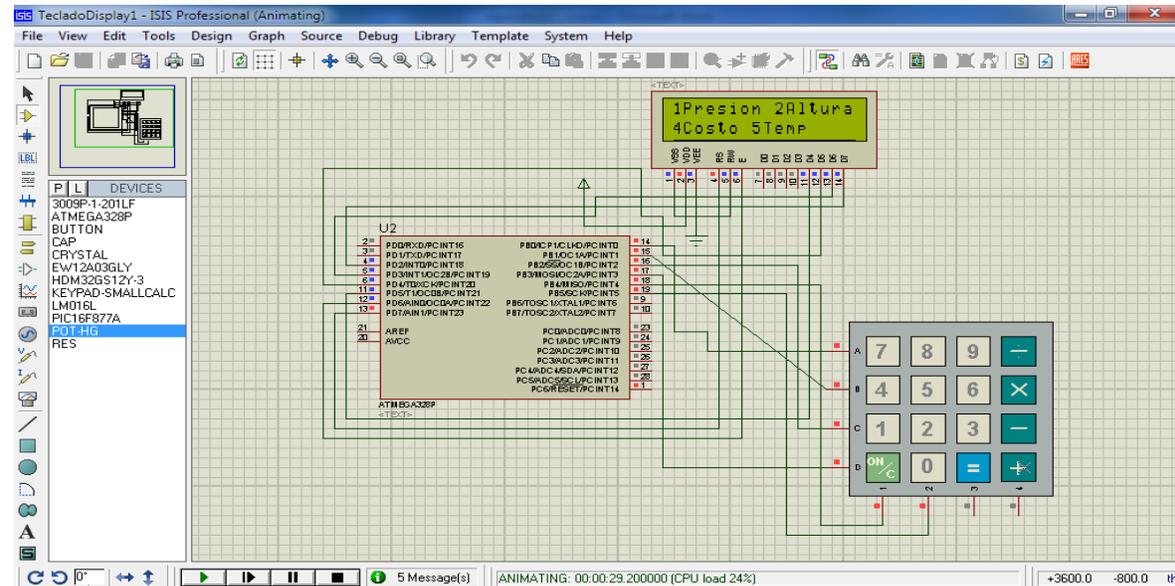


Figura 3.1 Simulación del conversor de voltaje a corriente

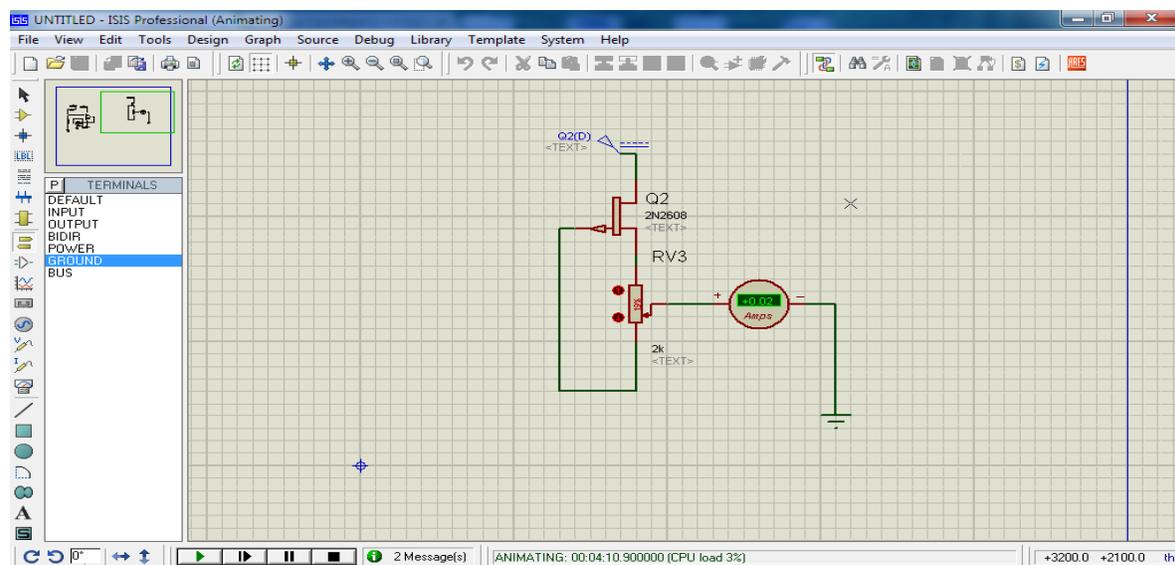


Figura 3.2 simulación del convertidor voltaje corriente

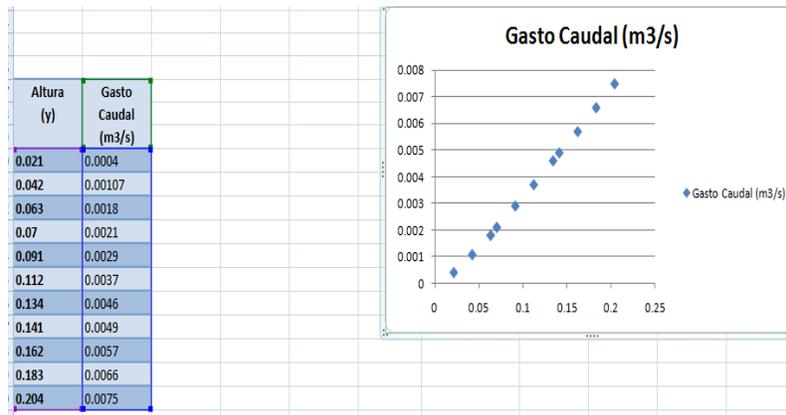
### 3.3 Datos adquiridos

Densidad del agua	$\rho=1000\text{kg/m}^3$
Gravedad	$g=9.81\text{m/s}^2$
Longitud de la base	Base=0.1 m
Del caudal	
Pendiente	$n=0.01$
	$s_0 = 0.001$

Table 3.1 Constantes en el caudal

Presión (psi)	Altura (y)	Área (A)	Perímetro Mojado (P)	Radio hidráulico (Rh)	Volumen (m/s)	Gasto Caudal (m <sup>3</sup> /s)
0.03	0.021	0.002	0.142	0.015	0.1908	0.0004
0.06	0.042	0.004	0.184	0.023	0.2548	0.00107
0.09	0.063	0.0006	0.227	0.028	0.2910	0.0018
0.1	0.070	0.007	0.241	0.029	0.2999	0.0021
0.13	0.091	0.009	0.283	0.032	0.3208	0.0029
0.16	0.112	0.011	0.325	0.035	0.3358	0.0037
0.19	0.134	0.013	0.367	0.036	0.3471	0.0046
0.2	0.141	0.014	0.381	0.037	0.3503	0.0049
0.23	0.162	0.016	0.423	0.038	0.3586	0.0057
0.26	0.183	0.018	0.465	0.039	0.3652	0.0066
0.29	0.204	0.020	0.508	0.040	0.3707	0.0075

Tabla 3.2 Resultados adquiridos a diferentes presiones



Grafica 3.1 caudal, altura.

### 3.4 Programa:

```
#include<Keypad.h>

int Ana1 = A1;

intTemp = 0;

int Temp1;

// initialize the library with the numbers of the interface pins

LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);

const byte ROWS = 3; // FOUR ROWS

const byte COLS = 3; // FOUR COLS

char keys [ROWS][COLS] = {

  {'8','5','2'},

  {'7','4','1'},

  {'6','7','8'}

};

byte rowPins[ROWS] = {8, 9, 10}; // CONNECT TO THE ROW PINOUTS OF THE KEYPAD

byte colPins[COLS] = {11, 12, 13 };

Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );

char key = ' ';

float pot;

void setup() {

  lcd.begin(16, 2);

  bienvenida();
```

```
presentacion());
}

voidloop() {
laopcion();
}

voidlaopcion(void)
{
//lcd.setCursor(0, 0);lcd.print("tu opcion es:");
key=keypad.getKey();
switch(key)
{
case '1':{
const byte ROWS = 3;//FOUR ROWS
const byte COLS =3;//FOUR COLS
charkeys [ROWS][COLS] ={
{'8','5','2'},
{'7','4','1'},
{'6','7','8'}
};

byterowPins[ROWS]={8, 9, 10};//CONECT TO THE ROW PINOUTS OF THE KEYPAD
bytecolPins[COLS]={11, 12, 13 };
Keypadkeypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );
charkey;
```

```

key=keypad.getKey();

lcd.setCursor(0, 0);lcd.print("presion  R[7] ");

while(key==1){

potenciometro();}

}

break;

case '2':

lcd.setCursor(0, 0);lcd.print("altura  ");

lcd.setCursor(0, 1);lcd.print("      ");

break;

case '4':

lcd.setCursor(0, 0);lcd.print("precio  ");

lcd.setCursor(0, 1);lcd.print("      ");

break;

case '5':

Temp = analogRead(Ana1);    //Leemos el valor de la entrada analogica

    Temp1 =Temp*500/1024;

lcd.setCursor(0, 0);lcd.print("Temperatura:");

lcd.setCursor(0, 2);lcd.print(Temp1);

lcd.setCursor(3, 2);lcd.print("      ");

//Mostramos los grados en la pantalla LCD

```

```
lcd.setCursor(0,0);    //Con este comando decimos en que linea queremos escribir
break;

}}

voidpotenciometro(void)
{ floatp,presion,rpresion;
pot=analogRead(A0);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(5*pot/1023);
lcd.setCursor(3, 2);lcd.print("    ");
delay(100);
// p=(5*pot/1023);
//presion=5000;
//rpresion=(p*presion/500);

}

voidpresentacion(void)
{ while(key==0)

lcd.setCursor(0, 0);lcd.print("1Presion 2Altura");
lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("4Costo 5Temp"); }

//delay(2000);
//lcd.clear();
```

```
void bienvenido(void)
{
  lcd.setCursor(0,0);lcd.print("Bienvenido");
  delay(500);
  lcd.clear();
}
```

### **3.5 Conclusiones y recomendaciones**

Después de analizar el trabajo realizado durante esta residencia se pudo concluir que se diseñó un sistema de adquisición de datos que recopila la información de dos variables la temperatura, presión.

De estas se derivaron dos variables más que fueron la de altura y volumen del caudal por medio de fórmulas matemáticas.

Este diseño digital tiene la capacidad de dar los datos directos al lcd sin que intervengan personas para la medición de altura manualmente.

Aunque en el mercado existen algunos dispositivos de adquisición de datos para problemas similares, este proyecto resuelve de manera innovadora y eficiente para la resolución de la problemática.

#### **CAPITULO 4. Referencias bibliográficas**

[http://aguas.igme.es/igme/publica/libros2\\_TH/art2/pdf/teoria.pdf](http://aguas.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/teoria.pdf)

[http://www.unioviedo.es/Areas/Mecanica.Fluidos/docencia/\\_asignaturas/mecanica\\_de\\_fluidos/08\\_09/mf3\\_0809\\_quionMEDIDAQ.pdf](http://www.unioviedo.es/Areas/Mecanica.Fluidos/docencia/_asignaturas/mecanica_de_fluidos/08_09/mf3_0809_quionMEDIDAQ.pdf)

[http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/7/tema3\\_medida%20de%20caudal.es.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/7/tema3_medida%20de%20caudal.es.pdf)

<http://materias.fi.uba.ar/7609/material/S0305MedicionCaudal1.pdf>

<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR25635.pdf>

[http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO\\_DEMANDAS%20ODE%20AGUA.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_DEMANDAS%20ODE%20AGUA.pdf)

[http://www.agua.unam.mx/humedales/assets/materialdifusion/WWF\\_ComoConsevarLosRiosVivos.pdf](http://www.agua.unam.mx/humedales/assets/materialdifusion/WWF_ComoConsevarLosRiosVivos.pdf)

<http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/1D632E4E-905C-400B-90EA-BF2E326A442F/55857/0610400.pdf>

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mla/ricos\\_a/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mla/ricos_a/capitulo1.pdf)

[http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/cong\\_nal\\_06/tema\\_03/11\\_felipe\\_flores.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/cong_nal_06/tema_03/11_felipe_flores.pdf)

<http://www.monografias.com/trabajos14/canales-abiert/canales-abiert.shtml#ixzz2i6Ub50az>

<http://www.monografias.com/trabajos14/canales-abiert/canales-abiert.shtml#GEOMETR#ixzz2iNoKfHZW>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Unidades\\_de\\_presi%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Unidades_de_presi%C3%B3n)[http://www.cce.org.mx/cepedes/publicaciones/otras/Ef\\_Agua/cap\\_2.htm](http://www.cce.org.mx/cepedes/publicaciones/otras/Ef_Agua/cap_2.htm) (consulta: 5 de enero de 2006).

## **CAPITULO 5. Anexos**

Partes del caudal:



Figura 5.1 Tanque volumetrico con toma y recirculacion del caudal al sistema



Figura 5.2 Bomba de gasolina de tres caballos de fuerza con salida de dos pulgadas



Figura 5.3 Tanque disipador de energía del agua del sistema



Figura 5.4 Puentes superiores metalicos para rigidizar el canal

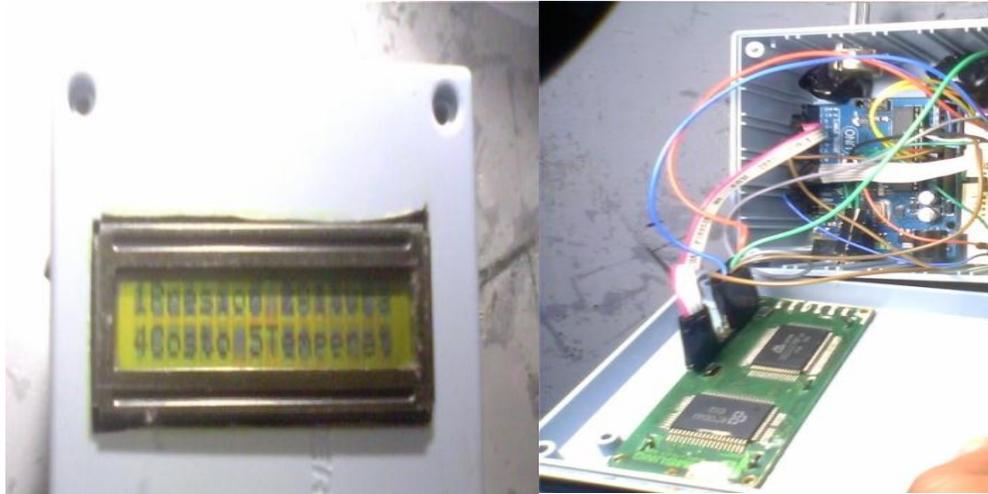


Figura 5.5 Pantalla lcd 2x14 y su conexión en arduino

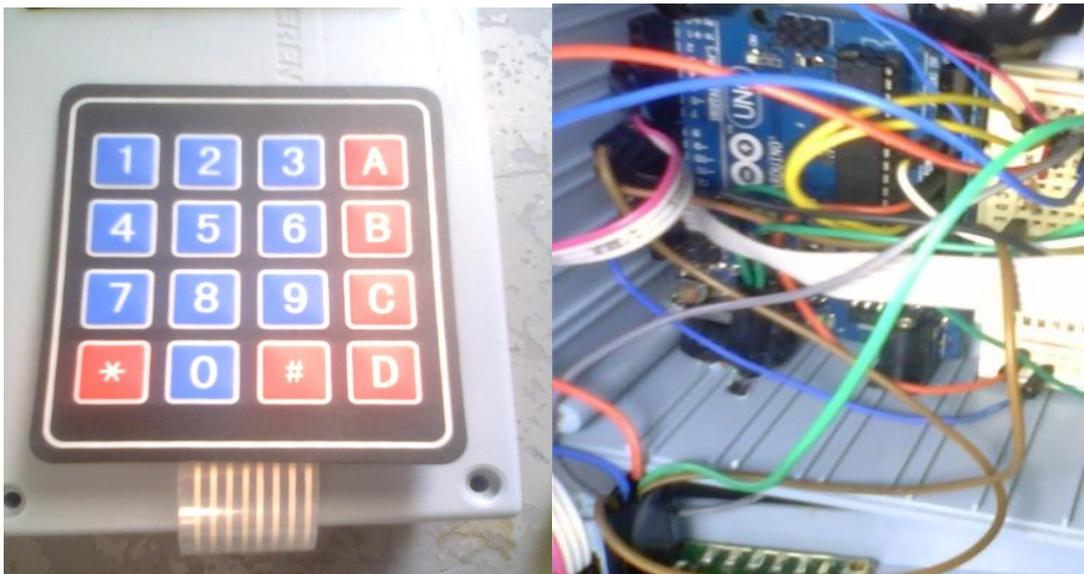


Figura 5.6 Teclado matricial de 4x4 y su conexión en arduino



Figura 5.7 Switch (on-off), sensor de temperatura y puerto de programacion



Web Site: [www.parallax.com](http://www.parallax.com)  
Forum: [forums.parallax.com](http://forums.parallax.com)  
Sales: [sales@parallax.com](mailto:sales@parallax.com)  
Technical: [support@parallax.com](mailto:support@parallax.com)

Office: (916) 824-8333  
Fax: (916) 824-8333  
Sales: (800) 512-1024  
Tech Support: (888) 987-4287

## 4x4 Matrix Membrane Keypad (#27899)

This 16-button keypad provides a useful human interface component for microcontroller projects. Convenient adhesive backing provides a simple way to mount the keypad in a variety of applications.

### Features

- Ultra-thin design
- Adhesive backing
- Excellent price/performance ratio
- Easy interface to any microcontroller
- Example programs provided for the BASIC Stamp 2 and Propeller PBX32A microcontrollers

### Key Specifications

- Maximum Rating: 24 VDC, 30 mA
- Interface: 8-pin access to 4x4 matrix
- Operating temperature: 32 to 122 °F (0 to 50°C)
- Dimensions:  
Keypad: 2.7 x 3.0 in (6.9 x 7.6 cm)  
Cable: 0.78 x 3.5 in (2.0 x 8.8 cm)

### Application Ideas

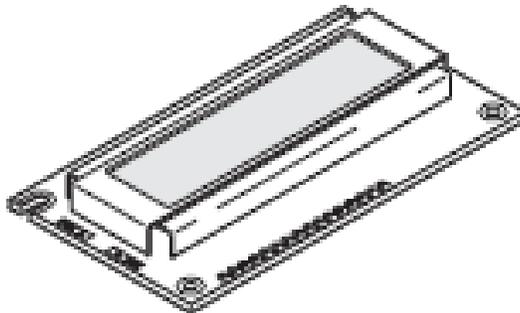
- Security systems
- Menu selection
- Data entry for embedded systems



## ALPHANUMERIC LCD DISPLAY (16 x 2)

### Order Code

- LE1000 16 x 2 Alphanumeric Display
- FE5000 Serial LCD Firmware (optional)



### Contents

- 1 x 16x2 Alphanumeric Display
- 1 x data booklet

### Introduction

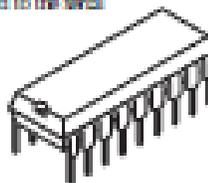
Alphanumeric displays are used in a wide range of applications, including point-of-computer, word processors, photocopiers, point-of-sale terminals, medical instruments, cellular phones, etc. The 16 x 2 intelligent alphanumeric dot matrix display is capable of displaying 254 different characters and symbols. A full list of the characters and symbols is printed on page 7-68 (note these symbols can vary between brand of LCD used). This booklet provides all the technical specifications for connecting the unit, which requires a single power supply (+5V).

### Further Information

Available as an optional extra is the Serial LCD Firmware, which allows serial control of the display. This option provides much easier connection and use of the LCD module. The firmware enables microcontrollers (and microcontroller based systems such as the PICAXE) to visually output user instructions or readings onto an LCD module. All LCD commands are transmitted serially via a single microcontroller pin. The firmware can also be connected to the serial port of a computer.

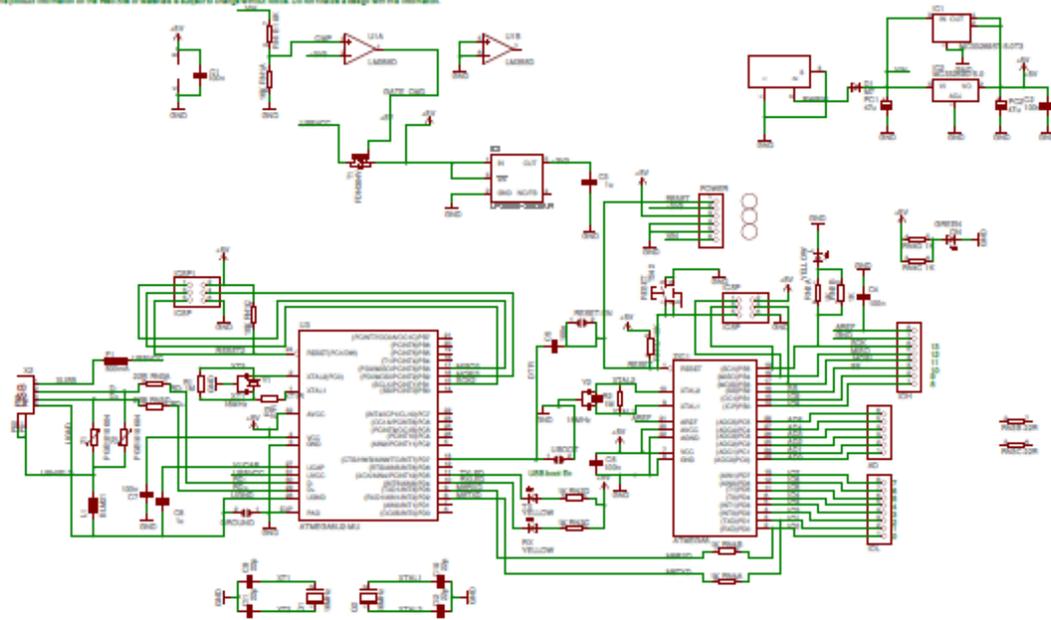
An example PICAXE instruction to print the text 'Hello' using the `serout` command is as follows:

```
serout 7, r3400, { "hello" }
```



### Arduino™ UNO Reference Design

Reference Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS". Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "unofficial". Arduino reserves the right for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not hesitate to change with this information.



RCV420

---

## Precision 4mA to 20mA CURRENT LOOP RECEIVER

### FEATURES

- COMPLETE 4-20mA TO 0-5V CONVERSION
- INTERNAL SENSE RESISTORS
- PRECISION 10V REFERENCE
- BUILT-IN LEVEL-SHIFTING
- ±40V COMMON-MODE INPUT RANGE
- 0.1% OVERALL CONVERSION ACCURACY
- HIGH NOISE IMMUNITY: 86dB CNR

### APPLICATIONS

- PROCESS CONTROL
- INDUSTRIAL CONTROL
- FACTORY AUTOMATION
- DATA ACQUISITION
- SCADA
- RTUs
- ESD
- MACHINE MONITORING

### DESCRIPTION

The RCV420 is a precision current-loop receiver designed to convert a 4–20mA input signal into a 0–5V output signal. As a monolithic circuit, it offers high reliability at low cost. The circuit consists of a precision grade operational amplifier, an on-chip precision resistor network, and a precision 10V reference. The RCV420 features 0.1% overall conversion accuracy, 86dB CMR, and ±40V common-mode input range.

The circuit introduces only a 1.5V drop at full scale, which is useful in loops containing extra instrument burdens or in intrinsically safe applications where transmitter compliance voltage is at a premium. The 10V reference provides a precise 10V output with a typical drift of 5ppm/°C.

The RCV420 is completely self-contained and offers a highly versatile function. No adjustments are needed for gain, offset, or CMR. This provides three important advantages over discrete, board-level design: 1) lower initial design cost, 2) lower manufacturing cost, and 3) easy, cost-effective field repair of a precision circuit.

International Regional Distributors - Selling Address: PO Box 1166, Tucson, AZ 85724 - Street Address: 670 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85724 - Tel: (520) 796-1171 - Fax: (520) 882-1171  
 Internet: <http://www.burrobrown.com> - FIC Line: (800) 541-8122 (9/9 Canada Only) - Cable: BURBROU - Telex: 980603 - FIC: (505) 886-1016 - Inexpensive Product Info: (800) 541-8122



Measurement & Control Solutions

# UNIK 5000

## Pressure Sensing Platform



The new UNIK 5000 is a high performance configurable solution to pressure measurement. The use of Druck silicon technology and analogue circuitry enables best in class performance for stability, low power and frequency response. The new platform enables you to easily build up your own sensor to match your own precise needs. This high performance, configurable solution to pressure measurement employs modular design and lean manufacturing techniques to offer:



### High Quality

With 35 years of pressure measurement experience, our field-proven Druck silicon technology is at the heart of the new platform, resulting in a range of high quality, high stability pressure sensors.

### Bespoke as Standard

Custom-built from standard components, manufacturing sensors to your requirement is fast and simple; each UNIK 5000 is a "bespoke" pressure sensing solution, but with the short lead times and competitive pricing you would expect from standard products.

### Expertise

We have the people and the knowledge to support your needs for accurate and reliable product performance; our team of experts can help you make the right sensor selection, guiding you and providing the help and tools you need.

### Features

- Ranges from 70 mbar (1 psi) to 700 bar (10,000 psi)
- Accuracy to ±0.04% Full Scale (FS) Best Straight Line (BSL)
- Stainless Steel construction
- Frequency response to 5 kHz
- High over pressure capability
- Hazardous Area certifications
- mV, mA, voltage and configurable voltage outputs
- Multiple electrical & pressure connector options
- Operating temperature ranges from -55 to 125°C (-67 to 257°F)

