

## **INFORME PROYECTO INTERNO**

### **HC1416.1**

**DESARROLLO DE INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO APLICADA AL MONITOREO  
DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS PARA SEGURIDAD ESTRUCTURAL.**

**COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA  
SUBCOORDINACIÓN DE OBRAS Y EQUIPOS HIDRÁULICOS**

**Ricardo Andrés Álvarez Bretón.  
Cecia Millán Barrera  
Gilberto Salgado Maldonado  
Especialistas en Hidráulica del IMTA**

**Carmen Cruz Carbajal  
José David Maldonado Santiago  
Colaboradores**

**Diciembre de 2014.**

## DESARROLLO DE INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO APLICADA AL MONITOREO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS PARA SEGURIDAD ESTRUCTURAL.

### **Objetivos**

Desarrollar instrumentación de campo aplicada al monitoreo de estructuras hidráulicas para su seguridad estructural.

### **Antecedentes**

El IMTA ha trabajado en proyectos relativos a la seguridad de presas por encargo de la Comisión Nacional del Agua. Las experiencias que se han tenido a lo largo del desarrollo de estos trabajos de campo permiten considerar valioso el desarrollo de equipos de medición con tecnología propia. En la mayoría de los casos, en México, la instrumentación se lleva a cabo a partir de equipos especializados ya existentes en el mercado, estos equipos normalmente importados a altos costos, se les suman las desventajas que implica la importación de tecnología, como son; a) La tecnología desarrollada en un país no siempre es la más adecuada para otro, debido a que las condiciones en infraestructura, tanto como las culturales y sociales no son las mismas, b) Cuando los equipos adquiridos dejan de funcionar, no se cuenta con un soporte dentro del país en donde puedan ser reparados ó se les de mantenimiento, c) Se genera dependencia tecnológica, fomentando un atraso del desarrollo científico nacional. Por otro lado, es bien sabido que los estudios de campo son básicos para la construcción de una estructura hidráulica como las presas de tierra y enrocamiento y que los procedimientos constructivos tienen mucho que ver con el comportamiento seguro de toda obra hidráulica, ya sea una presa o un bordo, y que no es menos importante el mantenimiento de las obras durante su vida útil por lo que una inspección metódica se hace mas que necesaria, por ello, contar con instrumentos de fácil operación y que cuenten con soporte técnico y a la mano, permitirá obtener la información requerida para tomar decisiones oportunas que eviten riesgos

innecesarios en las obras hidráulicas. Es necesario seguir realizando investigaciones y desarrollo de tecnologías que deriven en patentes licenciadas.

### **Resultados esperados.**

Desarrollo de instrumentación en materia de seguridad de presas, teniendo los siguientes entregables:

- 1.- Promover el empleo de la “Estación Hidrométrica Itinerante” en vistas de su comercialización para apoyo de trabajos en diversas estaciones de aforo.
- 2.- Construcción del prototipo operativo del equipo denominado "MetroSonda" para piezómetros abiertos instalados en cuerpos de cortinas de tierra y enrocamiento.
- 3.- Prototipo de prueba de un “Inclinómetro” para presas de tierra y enrocamiento
- 4.- Patente del equipo denominado “Limnómetro Electrónico” y construcción de un prototipo para emplearlo como dispositivo dedicado al aforo de fugas en presas de tierra y enrocamiento.
- 5.- Desarrollo de un sistema de adquisición remota de datos de una red de distribución de agua, y la instalación de un prototipo de prueba en “Estación Piloto IMTA”.
- 6.- Desarrollo de un sistema para captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

### **Metodología**

Se identifica la necesidad del instrumento.

- Se evalúa con un estudio la factibilidad de construcción del instrumento.
- Se detallan las especificaciones del instrumento.
- Se realiza el diseño conceptual del instrumento.
- Se emplea un análisis y modelado del instrumento.
- Se busca la optimización del instrumento.
- Se realiza el diseño detallado del instrumento.
- Se construye un prototipo del instrumento.
- Se llevan a cabo pruebas en laboratorio y campo para verificar el desempeño del instrumento antes de iniciar el proceso de comercialización, previo ingreso de una solicitud de registro de patente.

## **Actividades**

- 1 Promover el empleo de la “Estación Hidrométrica Itinerante” en algunas estaciones de aforo.
- 2 Diseño y construcción de un prototipo operativo de sonda de medición de nivel de agua y profundidad denominado “MetroSonda”.
- 3 Prototipo de prueba de un Inclínómetro para presas de tierra y enrocamiento.
- 4 Elaborar la patente del dispositivo denominado limnómetro electrónico y construir un prototipo.
- 5 Desarrollo de un sistema de adquisición remota de datos de una red de distribución de agua, y la instalación de un prototipo de prueba en “Estación Piloto IMTA”.

### ***1.- Promover el empleo de la “Estación Hidrométrica Itinerante” en algunas estaciones de aforo.***

Se envió a la Jefe de Proyecto de Hidrología Operativa Centro Hidrometeorológico Regional Tuxtla Gutiérrez información de caracterización de molinetes y del prototipo de la estación hidrométrica itinerante, para que en su oportunidad se presente su operación a los usuarios.

Para llevar a cabo pruebas de operación en campo de la "Estación Hidrométrica Itinerante", se ensambla una versión mas resistente a la intemperie y ya se encuentra en proceso de armado. Este segundo prototipo permitirá que se quede a prueba para un manejo frecuente por el operador de una estación hidrométrica, al que previamente se le enseñará su manejo.

Se encuentra en proceso de elaboración el documento para solicitud de la patente del sistema de ajuste automático de la distancia vertical debido al arrastre del escandallomolinete por efecto de la velocidad del flujo de agua y que ya se encuentra funcionando como parte integral de la Estación Hidrométrica Itinerante.

Se realizó la redacción del resumen denominado “Sistema electrónico de corrección por desviación de la vertical, en aforo con molinete suspendido” para el XXIII Congreso Nacional de hidráulica con la finalidad de promover la importancia y grado utilidad de la estación Hidrométrica Itinerante.

Se llevó a cabo la redacción del artículo completo denominado “Sistema electrónico de corrección por desviación de la vertical, en aforo con molinete suspendido” para el XXIII Congreso Nacional de Hidráulica con la finalidad de promover la importancia y grado utilidad de la Estación Hidrométrica Itinerante (EHI).

Se concluyó la construcción de los elementos mecánicos que conforman al nuevo módulo de sensores de la EHI.

Se mejoró el diseño de las tarjetas electrónicas de la Estación Hidrométrica Itinerante, se construyeron y se incorporaron en el mecanismo de un nuevo prototipo.

Ha sido aceptado el artículo "Sistema Electrónico de Corrección por Desviación de la Vertical, en Aforo con Molinete Suspendido" y se prepara la presentación del dispositivo en funcionamiento, en el foro comercial del XXIII Congreso de Hidráulica, de esta forma se promoverá el empleo de la "Estación Hidrométrica Itinerante" para el aforo con molinete.

Se ensambló una segunda versión de la Estación Hidrométrica Itinerante y se realizaron pruebas de los sistemas electrónicos previas para presentarlo en el XXIII Congreso Nacional de Hidráulica.

Se realizó el armado de una estructura para el exponer el funcionamiento en forma demostrativa de cada uno de los sensores y partes que conforman a la Estación Hidrométrica Itinerante.

Se inició el llenado del formato de patente del sistema corrector por desviación de la vertical que resultó como mejora de la Estación Hidrométrica Itinerante, previo a esto se llevó a cabo una búsqueda relacionada con el invento a fin de asegurar que la solicitud de la patente sea viable.

Se mejoró la comunicación inalámbrica de la Estación Hidrométrica Itinerante, para evitar interferencia con algún tipo de ruido electromagnético de otros equipos, asegurando el correcto funcionamiento de la comunicación inalámbrica

Se realizó la solicitud de patente “Sonda electrónica con corrección por desviación de la vertical”, que fue el resultado de las mejoras introducidas a la "Estación Hidrométrica Itinerante" y que como desarrollo tecnológico permite mayor precisión en el posicionamiento del conjunto molinete-escandallo que se emplea para el aforo de corrientes, ya que como la medición de la profundidad se lleva a cabo con el mismo

cable de suspensión y éste al ser arrastrado por el flujo de agua toma una deformación que genera un error en comparación con la medida de la longitud del cable, cuando éste se encuentra en posición vertical. La electrónica incluida en este desarrollo es original y ejecuta medidas continuas tanto del ángulo de arrastre y como de la longitud del cable de suspensión desplegado corrigiendo con la ejecución de un algoritmo la posición real del conjunto molinete-escandallo.

Se observó que este dispositivo de corrección por desviación de la vertical, puede ser usado en combinación con cualquier otro medidor que requiera ser posicionado con buena precisión dentro de un flujo de agua.

Estos dos equipos desarrollados en el IMTA permitirán obtener de campo parámetros hidrométricos de mejor calidad que permitirán estudios enfocados a la seguridad hídrica de las presas.



Foro XXIII Congreso Nacional de Hidráulica con la finalidad de promover la importancia y grado utilidad de la Estación Hidrométrica Itinerante.



Montaje de la exposición en el Foro XXIII Congreso Nacional de Hidráulica



Módulo de control de la estación hidrométrica itinerante



Sistema suspendido molinete - escandallo



Módulo de sensores comunicado inalámbricamente con el módulo de control.



Presentación del dispositivo y su funcionamiento en el foro comercial del XXIII Congreso Nacional de Hidráulica realizado en Puerto Vallarta.

## ***2 Diseño y construcción de un prototipo operativo de sonda de medición de nivel de agua y profundidad denominado "MetroSonda".***

Se encuentra en construcción una segunda versión del prototipo de la MetroSonda, donde se mejora la medición del desarrollo de longitud del cable para la medición de la profundidad.

Después de la fabricación del sistema mecánico de medición de cable, éste se encuentra en pruebas para determinar si hay deslizamiento del cable en el conteo de pulsos del encoder. Se mandaron a fabricar dos puntas sensor para la "MetroSonda".

Después de la fabricación del sistema mecánico de medición de cable se encuentra en pruebas para determinar si hay deslizamiento del cable en el conteo de pulsos del encoder. Se mandaron a fabricar dos sondas las cuales se les está incorporando la electrónica.

Se realizaron pruebas con la MetroSonda en la presa Madin

Después de realizadas las mediciones con Metrosonda en uno de los tubos piezométricos en la presa Madin los resultados esperados fueron congruentes con el registro de profundidad que se tiene del tubo. Se ajustó el sensor de fondo y el medidor de cable.

Se sometieron a pruebas los elementos mecánicos que se mandaron a fabricar para el medidor de cable de la nueva metrosonda, posteriormente se recalibró el sistema electrónico de medición de cable con los nuevos elementos mecánicos.

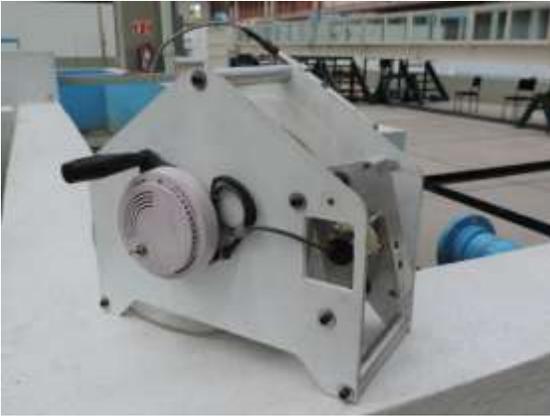
Del mismo modo que con el primer prototipo metrosonda, se incorporó la electrónica a las dos sondas que se mandaron a fabricar y se están haciendo pruebas de detección de nivel y fondo en el laboratorio.

Se modifica el mecanismo de enrollamiento de cable de la MetroSonda. Se realizaron mejoras al diseño y se fabricó un segundo prototipo

Las pruebas de funcionalidad del sensor de espejo de agua y detección de fondo han sido satisfactorias.

Se rediseño la tarjeta electrónica para reducir el tamaño e introducirla en una caja más pequeña proporcionando al equipo reducción de peso.

Se realizaron pruebas para deslizamiento al mecanismo de medición de longitud de cable, se realizaron algunas modificaciones para evitar el deslizamiento de cable en el sistema de medición, y se planteó una nueva solución para mejorar el mecanismo de medición sin que haya deslizamiento.



MetroSonda con sensores de nivel de agua y fondo modificados

Pruebas de campo con la MetroSonda en instalaciones de la Presa Madín Edo. México



Pruebas de campo con la MetroSonda en instalaciones de la Presa Madín Edo. México.

### ***3 Prototipo de prueba de un Inclínómetro para presas de tierra y enrocamiento.***

Se realizó el diseño de un prototipo de prueba denominado “Inclínómetro” para presas de tierra y enrocamiento, el cual cuenta con un mecanismo de ruedas retráctil que impide el atascamiento en los tubos guía instalados en una cortina de una presa, también se consideró en el diseño, un alojamiento para la electrónica en el cuerpo, para que esté protegida del agua o sedimentos que llegan a tener los tubos. El prototipo se fabricó en el taller del acuerdo al plano de diseño y esta fabricado en un material plástico resistente denominado “acetal” y maquinado en el torno. El prototipo se encuentra aún en la etapa de pruebas en laboratorio, para verificar su funcionalidad mecánica se propondrá la construcción de un prototipo mecánico operativo de acero inoxidable.

Se mandó a construir un prototipo del cuerpo del inclinómetro en acero inoxidable, y se trabajó en el desarrollo de parte de la electrónica y software que involucran una Unidad de Medición Inercial (IMU), este dispositivo electrónico puede medir velocidad, orientación, y fuerzas gravitacionales usando una combinación de sensores acelerómetro, magnetómetro y giroscopio. Cada uno de los sensores que conforman a la IMU fueron sometidos a una precalibración por separado, la cual permite encontrar la relación que existe entre ellos, esto permitirá que el inclinómetro sensor obtenga mediciones más precisas de la inclinación del tubo guía instalado en el cuerpo de las cortinas de tierra y enrocamiento.

La configuración mecánica del inclinómetro se cambió, mejorando el diseño, de tal suerte que ya no es posible que se atore debido a una separación entre tubos guía del sistema inclinométrico. (es posible introducir esta mejora como modelo de utilidad).

A partir de un modelo fijo deformado (patrón) se midieron de forma manual con un vernier los desplazamientos con respecto a la vertical, tomando como origen el punto más alto en el modelo deformado. Se obtuvieron mediciones en determinados puntos del modelo con el sistema electrónico. El perfil de deformación obtenido con el sistema electrónico es similar al real. Las mediciones obtenidas fueron comparadas con las que se realizaron manualmente obteniendo un error máximo de 4.94 milímetros.

Se tiene concluido el sistema de comunicación sincronizado de medición profundidad-inclinación, para el dispositivo "Inclinómetro" para emplearlo en el proceso de monitoreo para seguridad de presas.



Mejora en el diseño mecánico del sistema guía de ruedas que evitan que se atore dentro de los tubos guía de inclinómetros. En el detalle se aprecia el dispositivo electrónico diseñado.

Se diseñó y construyó un soporte para los componentes electrónicos que conforman al inclinómetro con la finalidad de que se ensamblen dentro de un cuerpo cilíndrico a prueba de agua.

Se diseñó y construyó el sistema electrónico de encendido y apagado que evita que se tenga que abrir el cuerpo del inclinómetro.

Se desarrolló un firmware para extraer la información de las mediciones del inclinómetro sin la necesidad de abrir el cuerpo del inclinómetro

Se diseñó, construyó y programó un sistema electrónico para medir el cable del inclinómetro con la finalidad de conocer la profundidad del inclinómetro.

Se programó firmware para empatar las mediciones de profundidad y medición de inclinación con respecto del tiempo.



Se diseñó y construyó un soporte para los componentes electrónicos que conforman al inclinómetro con la finalidad de que se ensamblen dentro de un cuerpo cilíndrico.



Se diseñó y construyó el sistema electrónico de encendido y apagado que evita que se tenga que abrir el cuerpo del inclinómetro. El led azul indica que está encendido el equipo y en condiciones de operación.

Con los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en la presa Madín se detectaron las posibles mejoras en el prototipo inclinómetro las cuales se llevaron a cabo en el laboratorio.

Se realizó la construcción de un patrón de pre-calibración de cada uno de los planos en tres dimensiones con el sistema electrónico del inclinómetro.

Se buscó la forma de alinear el sistema de referencia tridimensional con las ruedas del inclinómetro planteando dos posibles soluciones.

Se realizó la alineación en cada uno de los planos del dispositivo inclinómetro con un patrón tridimensional para conjugar el sistema de referencia tridimensional con el mecanismo de las ruedas permitiéndole al equipo alcanzar mayor precisión en las mediciones.

Se realizaron pruebas para comprobar la medición de los desplazamientos y compararlos con un patrón conocido una vez mejorado el sistema de referencia tridimensional.

Se realizaron pruebas de alineación de cada uno de los planos dispositivo para orientar el dispositivo.



Pruebas de campo realizadas en instalaciones de la presa Madín Edo. De México. El equipo diseñado evita que el cuerpo de sensores quede atrapado por atoramiento si se dá el caso de una separación accidental de los tubos guía del inclinómetro que son telescopiados en su instalación.



Inicio de las mediciones conjuntas de profundidad e inclinación realizadas con equipo electrónico diseñado para determinar las deformaciones internas del cuerpo de una presa de tierra y enrocamiento.



Registro de los sensores de inclinación

#### ***4 Elaborar la patente del dispositivo denominado limnómetro electrónico y construir un prototipo.***

El limnómetro electrónico es capaz de reiniciarse a cero en cualquier punto del rango de operación para facilitar las comprobaciones relativas, es empleado para conocer con precisión la columna de agua de un vertedor con una resolución de 0.01mm, determinando la superficie del agua por medio de un sensor. La innovación de este instrumento es la de convertir la medición de la columna de agua en una medición de gasto para un vertedor específico de pared delgada, gracias a la ecuación del vertedor programada en la memoria del dispositivo, dicha ecuación está sustentada en la norma internacional estándar ISO1438/1-1980 "Medición de flujo líquido en canales abiertos y en canales venturi".

Las partes principales que conforman al limnómetro electrónico son: circuito de detección de nivel, circuito de medición de desplazamiento vertical para nivel , y pantalla display donde se visualizaran las mediciones de nivel.

El circuito de detección de nivel se conforma como se muestra en la siguiente figura.

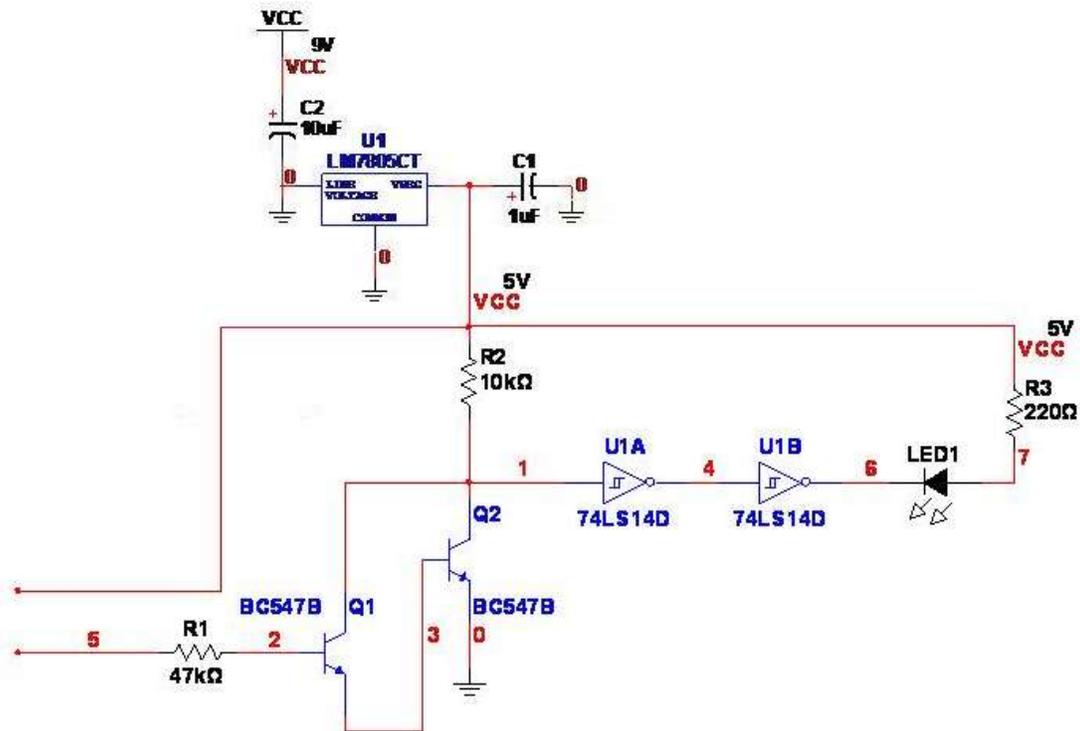
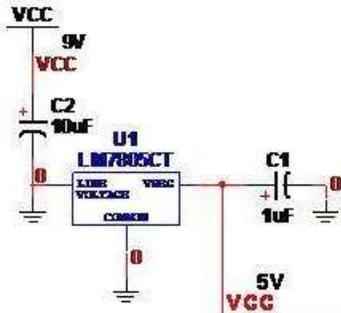


Figura 1. Circuito indicador

El cual consiste en dos electrodos que al entrar los electrodos en contacto con el agua se genera una corriente a través de la resistencia de 47kohms, esta corriente es amplificada por el arreglo de transistores Q1 y Q2, después el voltaje entra al circuito integrado llevándolo a niveles lógicos, de tal forma que a la salida de este obtengamos 0V o 5V, por lo que el led puede encenderse al estar en contacto con el agua o apagarse cuando no lo este.

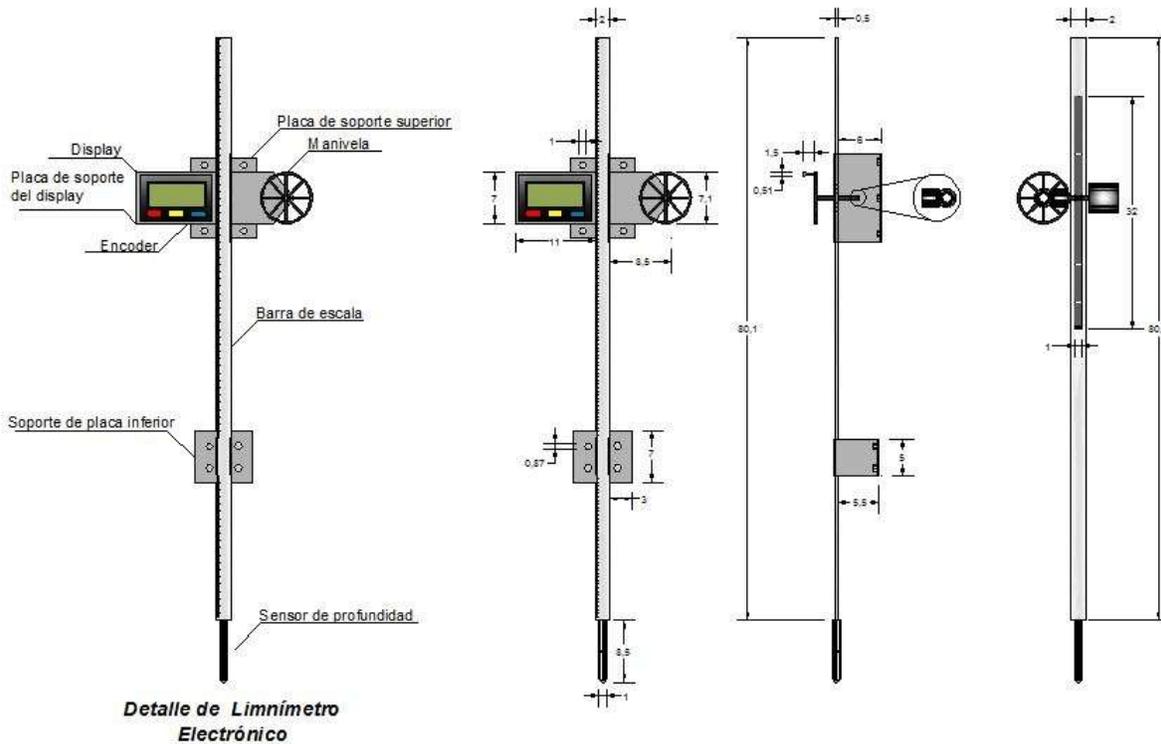
Es importante considerar que al conectar el circuito integrado 74LS14 ya que este maneja un voltaje de alimentación de 5V en el pin 14, si se utiliza una pila de 9V

para alimentarlo es necesario otro circuito que permite regular el voltaje y bajarlo a 5V para lo cual se utiliza el LM7805 el siguiente diagrama muestra esa parte; es importante no olvidar conectar la terminal 7 del circuito integrado 74LS14 a tierra.



También se tiene que tomar en cuenta que el circuito indicador en conjunto también se alimenta con 5v y no directamente con 9V.

### Desarrollo mecánico



Se encuentra en construcción la primera versión del prototipo del limnómetro electrónico. El desarrollo del software para su operación se ha terminado efectuando algunas correcciones en sus algoritmos.

Se realizaron pruebas a la primera versión del prototipo del limnómetro electrónico para determinar la repetibilidad en las mediciones y conocer los errores mecánicos debido tanto a los elementos mecánicos que lo constituyen como a los ajustes mecánicos de ensamble de dichos elementos.

Se realizaron pruebas con el mecanismo del limnómetro electrónico para medir la repetibilidad. Se programó un firmware con un algoritmo de correlación con los elementos mecánicos del prototipo para mejorar la precisión de medición. Se realizaron pruebas en el laboratorio sin embargo el algoritmo puede ser mejorado.

Se realizó el diseño de la tarjeta electrónica para el montaje de los componentes electrónicos del Limnómetro que se incorporaran en una caja de protección contra agua.

Se están realizando pruebas de funcionalidad del dispositivo denominado "Limnómetro Electrónico".

Se fabricó una nueva pieza para ajustar la manivela del limnómetro, con el propósito de evitar juego en el mecanismo.

No se ha terminado el documento de solicitud de patente.



El diseño del sistema de medición es similar a los tradicionales, la única diferencia es el sensor del espejo del agua y el despliegue electrónico del nivel del fluido.

##### ***5 Desarrollo de un sistema de adquisición remota de datos de una red de distribución de agua, y la instalación de un prototipo de prueba en “Estación Piloto IMTA”.***

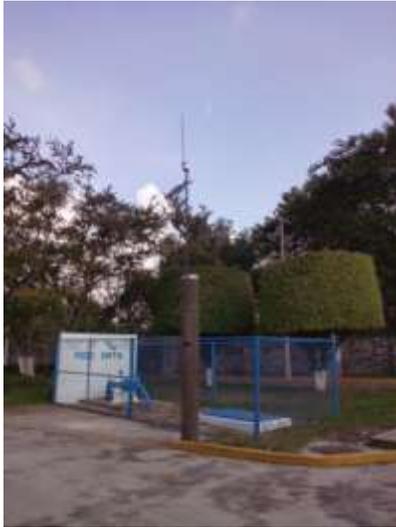
Se ha trabajado en el desarrollo de la interfase de comunicación del medidor de agua que instalado en una red de distribución, permita ver en una pantalla de computadora los datos obtenidos por el medidor en su ubicación en tiempo real.

Se desarrolló un equipo que permite la adquisición y envío de datos por medio de la red GSM (telefonía celular) para el medidor de flujo electromagnético de la marca Badger Meter de la estación piloto IMTA “Pozo”. Finalmente se encuentra transmitiendo cada una de las mediciones que arroja el medidor cada 10 minutos y es posible consultarlas a través de una página web. De tal manera que la actividad cuatro ya se concluyó.

Se ha dado seguimiento del funcionamiento del sistema de adquisición remota de datos de una red de distribución de agua con prototipo de prueba en la “Estación Piloto IMTA”, la cual ha mostrado un buen desempeño, lo cual es visible en la página:

<http://instrutronica.com/telemetria/> , después elegir en el menú IMTA y dar clic en lecturas.

Se le ha dado seguimiento a los datos de la Estación Piloto IMTA y hasta el momento funcionado correctamente.



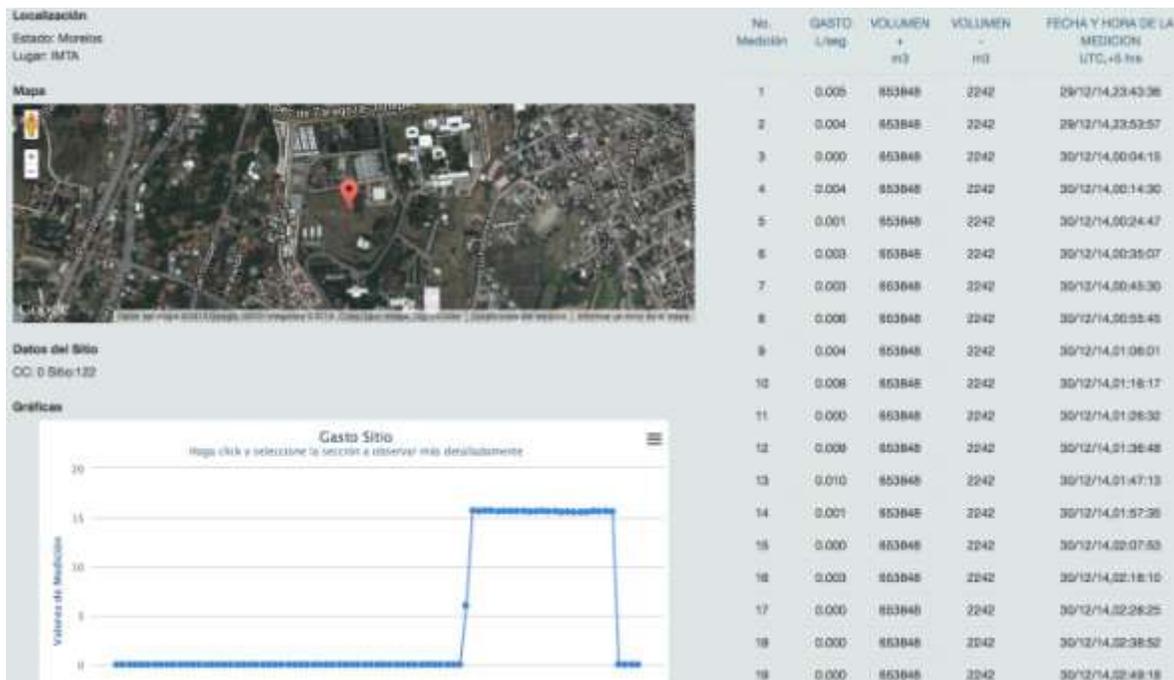
Instalación del pozo IMTA desde donde se transmite la información del medidor de flujo de agua



Equipo desarrollado para la captura automática y transmisión de datos del medidor de flujo de agua.



Equipo que permite la adquisición y envío de datos por medio de la red GSM (telefonía celular) para el medidor de flujo electromagnético de la marca Badger Meter de la Estación Piloto IMTA "Pozo".



Presentación de los datos enviados vía GSM en una página web denominada <http://instrutronica.com/telemetry/>

## 6.- Desarrollo de un sistema para captura y transmisión remoto de datos de estaciones hidroclimatológicas convencionales.

Empleando el principio de transmisión remota de datos desarrollado para el punto 5, se propuso desarrollar una Terminal Hidroclimatología Portátil, posteriormente denominada Integrador De Datos Climatológicos IDDC.

Se llevó a cabo el diseño de la Terminal Hidroclimatología Portátil (THP) de acuerdo a las necesidades de captura de datos de instrumentos analógicos locales por parte de personal de apoyo de una estación climatológica. Se llevará a cabo el armado de los componentes electrónicos para tener un dispositivo de prueba.

Después haberse comprobado la factibilidad del sistema para captura y transmisión remota de datos para estaciones climatológicas, se procedió a realizar la redacción de la solicitud de patente que se le denominó “Integrador Digital de Datos de Estaciones Hidroclimatológicas Convencionales”.

Se ha iniciado el desarrollo de los algoritmos básicos de comunicación para la captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

Se realizaron modificaciones a la solicitud de patente, que se le denominó “Integrador Digital de Datos de Estaciones Hidroclimatológicas Convencionales”.

Se le agregó un GPS al sistema, que permite saber las coordenadas del sitio donde se realiza la captura de la información de campo.

Se reprogramó el menú con la finalidad de que el usuario pueda interactuar con el equipo de forma sencilla.

Se construyó un segundo prototipo del sistema para captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales al que se realizaron mejoras de hardware que consiste en: El montaje de las tarjetas electrónicas y componentes electrónicos así como el conexionado de la circuitería de forma ordenada, la fabricación del chasis que permite el montaje de la pantalla y botones, permitiendo que el equipo se vea presentable. Mejoras de software que consisten: en el ordenamiento de la información en la página web la cual se requiere que se contemplen los siguientes datos: Nombre de la estación, Organismo de cuenca, Dirección Local, Municipio, Cuenca Hidrológica, Coordenadas.

Se concluyó la realización de los equipos y de la página web que conforman un sistema de captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

Se realizó la lista de insumos para la adquisición de materiales para la construcción de los sistemas de captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

Se soldaron los componentes de tarjetas electrónicas para los sistemas de captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

Se realizó el armado de conectores y cables para los sistemas de captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

Se programaron los sistemas de captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

Se armaron los equipos de sistemas de captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales montando las baterías, pantallas, teclados y tarjetas electrónicas dentro de sus respectivas cajas.

Se probó el funcionamiento de los sistemas de captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

Se rediseñó la página web para sistemas de captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

Se realizó un manual de uso para los sistemas de captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

Se realizó una presentación para personal de CONAGUA de los sistemas de captura y transmisión remota de datos de estaciones climatológicas convencionales.

Se realizaron mejoras de software y hardware de los equipos del sistema transmisión de datos de las estaciones climatológicas según recomendaciones del personal de CONAGUA.



Observaciones Climatológicas Sitio 0

Resumen

T. Máxima °C	T. Mínima °C	Precipitación mm	Evaporación mm	Tormenta Eléctrica	Granizo	Niebla	Humedad	Cielo	Clima	Dirección Viento	FECHA Y HORA DE LA MEDICIÓN
25.0	23.0	02.5	04.9	No Hubo	No Hubo	Si Hubo	Si Hubo	Nublado	Fresco	Norte	09/07/14, 23:25:01
25.0	23.0	02.5	04.9	No Hubo	No Hubo	Si Hubo	Si Hubo	Nublado	Fresco	Norte	09/07/14, 23:25:01
25.0	23.0	02.5	04.5	No Hubo	No Hubo	Si Hubo	Si Hubo	Nublado	Fresco	Norte	09/07/14, 23:25:01
25.0	23.0	02.5	04.9	No Hubo	No Hubo	Si Hubo	Si Hubo	Nublado	Fresco	Norte	09/07/14, 23:25:01
25.0	23.0	02.5	04.5	No Hubo	No Hubo	Si Hubo	Si Hubo	Nublado	Fresco	Norte	09/07/14, 23:25:01
25.0	23.0	02.5	04.9	No Hubo	No Hubo	Si Hubo	Si Hubo	Nublado	Fresco	Norte	09/07/14, 23:25:01
25.0	23.0	02.5	04.9	No Hubo	No Hubo	Si Hubo	Si Hubo	Nublado	Fresco	Norte	09/07/14, 23:25:01

Presentación del integrador digital de datos climatológicos y el diseño de la hoja web donde serán alojados los datos que se generen al interrogar los instrumentos de una instalación climatológica convencional.

## ANEXOS

- 1.- ARTÍCULO EN EL FORO XXIII CONGRESO NACIONAL DE HIDRÁULICA
- 2.- PRESENTACIÓN DE PONENCIA
- 3.- SOLICITUD DE PATENTE CORRECTOR DE VERTICALIDAD  
(“SONDA ELECTRÓNICA CON CORRECCIÓN POR DESVIACIÓN DE LA VERTICAL”)
- 4.- MANUAL DE OPERACIÓN DEL INTEGRADOR DIGITAL DE DATOS CLIMATOLÓGICOS
- 5.- SOLICITUD DE PATENTE “INTEGRADOR DIGITAL DE DATOS DE ESTACIONES HIDROCLIMATOLÓGICAS CONVENCIONALES”
- 6.- PRUEBAS DE CAMPO DEL FUNCIONAMIENTO DEL INCLINÓMETRO
- 7.- ALGORITMOS DE TRABAJO
  - 7.1 ESTACIÓN HIDROMÉTRICA ITINERANTE
  - 7.2 SONDA ELECTRÓNICA CON CORRECCIÓN POR DESVIACIÓN DE LA VERTICAL
  - 7.3 METROSONDA
  - 7.4 INCLINÓMETRO
  - 7.5 LIMNÍMETRO ELECTRÓNICO
  - 7.6 SISTEMA DE ADQUISICIÓN REMOTA DE DATOS DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
  - 7.7 DISEÑO DE HOJA WEB PARA ADQUISICIÓN REMOTA DE DATOS DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
  - 7.8 INTEGRADOR DIGITAL DE DATOS DE ESTACIONES HIDROCLIMATOLÓGICAS CONVENCIONALES
  - 7.9 DISEÑO DE HOJA WEB PARA EL SISTEMA INTEGRADOR DIGITAL DE DATOS DE ESTACIONES HIDROCLIMATOLÓGICAS CONVENCIONALES