

COORDINACIÓN DE RIEGO Y DRENAJE

SUBCOORDINACIÓN DE CONSERVACIÓN DE CUENCAS Y SERVICIOS AMBIENTALES



INFORME FINAL

Proyecto RD-1404.1

Desarrollo, Innovación y Adaptación de Tecnología Alternativa para el Uso Eficiente del Agua y la Energía en Microcuencas

Diciembre, 2014.

Índice de Contenido

Capitulo I. Evaluación de impactos de obras de conservación	13
I.1 Escurrimiento superficial (escurrimiento medio, máximo o avenida máxima)	13
I.2 Precipitación.....	14
I.3 Producción de sedimentos.....	15
I.4 La tecnología en apoyo de evaluación de variables hidrológicas y edáficas	18
I.4.1 Diseño y ensamble de equipo hidro-termo-pluviométrico.....	18
I.4.2. Definición	23
I.5. Diseño de circuito impreso de estación hidrotermo-pluviómetro	24
I.5.1 Lista de materiales electrónicos.....	26
I.5.2 Selección y ensamble de componentes en tarjeta de adquisición de datos	27
I.5.3 Diagrama de sensores ultrasónicos.....	29
I.5.4 Armado y ensamble de tarjeta de almacenamiento de datos.....	32
I.5.5 Diseño armado y ensamble de telemetría para envío de información.....	33
I.5.6 Ensamble de teclado matricial 4x4.....	36
I.5.7 Ensamble de sensor ultrasónico y cable de comunicación	38
I.5.8 Sensores de temperatura (18b20) para exterior	41
I.5.9 Características principales DS18B20 o DS1820:	43
I.5.10 Ensamble de equipo hidro-termo pluviómetro	44
I.5.11 Cortes para ensamble Micro SD, Comunicación GSM y GLCD	47
I.5.12 Ensamble en gabinete hermético	54
I.5.13 Resultados	56
I.6 Instalación de campo en el nevado de Toluca	59
I.6.1 Consideraciones para calcular el escurrimiento	60
I.6.2 Ubicación.....	60
I.6.3 Recorrido en campo	61
I.6.4 Despiece de aforador	67
I.7 .Prototipo de instalación final en campo	69
I.7.1 Descripción hidrotermo-pluviómetro	69
I.7.2 El pluviómetro	71
I.7.3 Diseño de estructura de acero para termometría	76
I.7.4 Diseño de energía solar y almacenamiento de energía	79

I.8 Elaboración de aforador y estacion hidro-termopluviometrica	81
I.8.1 La soldadura	82
I.9 Cortes y armado del aforador	85
I.9.1 Traslado de piezas para aforador de garganta larga	86
I.9.2 Coordenadas de instalación de estación y aforador	88
I.9.3 Nivelación de sección e instalación de aforador	91
I.10 Construcción de y ensamble de estación hidro-termo-pluviométrica.....	94
I.10.1 Instalación en campo de estructura hidro-termopluviométrica.....	97
I.10.2 Instalación de energía solar, batería de ciclo profundo e instalación de equipo	98
I.10.3 Instalación de instrumentos de medición de caudal, temperatura y precipitación	99
I.10.4 Proceso de instalación y puesta en marcha de la instrumentación.....	101
I.11Seguimiento a las microcuencas Ichupio y Malacate.....	103
I.11.1 Medidor Malacate	104
I.11.2 Medidor Ichupio	108
Capítulo II. Control y manejo de energía eléctrica de origen renovable	118
II.1 Controlador de carga inteligente para sistemas fotovoltaicos	118
II.1.2 Introducción	118
II.1.3 Descripción del controlador de carga	119
II.1.4 Convertidor Analógico Digital ADC.....	120
II.1.5 Relevadores y etapa de potencia	121
Capítulo III. Sistema de cuencas.....	127
III.1 Introducción	127
III.2 Creación de base de datos del sistema	128
III.3 Tablas del sistema	128
III.4 Herramientas del sistema	128
III.5 Investigación preliminar de cuencas.....	129
III.6 Importación de información geográfica de cuencas.....	130
III.7 Plataforma de sub cuencas o micro cuencas.	133
III.8 Catálogos ganadería	133
III.8.1 Georeferenciación ganadera.....	134
III.9 Programación del inventario básico de estructuras.	138
Capítulo IV Manual Keyline	145

Capítulo V. Revisión general del sistema de cuencas. 145

Índice de ilustraciones

Ilustración I.1 Proceso de Construcción y ensamble de tarjeta para adquisición de datos.....	29
Ilustración I.2. Diagrama para la construcción del Sensor ultrasónico y de temperatura.....	30
Ilustración I.3 Proceso de construcción y ensamble de los sensores ultrasónico y de temperatura	31
Ilustración I 4. Diagrama y diseño de la tarjeta Micro SD.	32
Ilustración I.5 Proceso de ensamble de tarjetas Micro SD Click	33
Ilustración I.6 Diagrama y ensamble del Dispositivo GSM/GPRS para el envío de datos.	34
Ilustración I.7. Proceso de armado y ensamble de dispositivos de telemetría para el envío de información.	36
Ilustración I.8.Proceso de armado y ensamble de teclado matricial 4x4.	37
Ilustración I.9 Proceso de armado y ensamble de sensor ultrasónico y cable de comunicación.	41
Ilustración I.10.Diagrama de conexión SENSOR DS18B20	42
Ilustración I.11 Diagrama y ensamble de sensor de temperatura para exteriores.	43
Ilustración I.12.Proceso de cortes de Sintra para ensamble de equipo Hidro termopluviómetro. ...	47
Ilustración I.13. Cortes para ensamble de tarjetas y dispositivos de comunicación.	48
Ilustración I.14. Detalles del ensamble de pantalla y teclado matricial en material Sintra.	50
Ilustración I.15. Proceso de fijación de dispositivos en estuche hermético.	51
Ilustración I.16. Proceso de adecuación de estuches para la salida de cables.	53
Ilustración I.17 Ensamble de tarjetas y dispositivos en gabinete.	55
Ilustración I.18 Proceso de protección de cables de los dispositivos de comunicación.	56
Ilustración I.19 Hidrotermo-pluviómetro ensamblado.	57
Ilustración I.20.Ensamblado de los sensores ultrasónicos y de temperatura en el Hidrotermopluviómetro.	59
Ilustración I.21 Ubicación del sitio de estudio georeferenciado.....	61
Ilustración I.22 Dimensión del sitio	61
Ilustración I.23. Recorrido de campo y selección del sitio para la instalación del Hidrotermopluviómetro.....	62
Ilustración I. 24.Determinación del caudal Máximo	63
Ilustración I.25. Sección aguas arriba.....	63
Ilustración I.26. Sección de control.....	63
Ilustración I.27. Sección aguas abajo	63
Ilustración I.28. Vista superior del aforador.....	64
Ilustración I.29. Vista inferior del aforador	64
Ilustración I.30. Datos de escurrimiento utilizados.....	64
Ilustración I.31. Ecuación de gasto.....	65
Ilustración I.32. Curva de ecuación de gasto.....	65
Ilustración I.33.Plano de aforador.....	66
Ilustración I.34 Aguas abajo	68
Ilustración I.35 Aguas arriba.....	68
Ilustración I.36 Planos de diseño del aforador de garganta larga.....	68

Ilustración I.37 Prototipo del Aforador de garganta larga	69
Ilustración I.38 Ensamble de medidor ultrasónico DUO.	71
Ilustración I.39. Planos de diseño del Pluviómetro.	74
Ilustración I.40. Plano de diseño del Pluviómetro de autosifonamiento.	75
Ilustración I.41. Plano de dimensiones del Pluviómetro de autosifonamiento.	76
Ilustración I.42. Plano de diseño de estructura de acero para montar dispositivo termoplumiométrico.	76
Ilustración I.43. Datos de precipitación según radios y áreas.	77
Ilustración I.44 Relación de áreas y radios.	77
Ilustración I.45. Gráfica de datos	78
Ilustración I.46. Pluviómetro de autosifonamiento y sensor ultrasónico	79
Ilustración I.47 Conexión de panel solar, batería y controlador mas equipo	80
Ilustración I.48 Pruebas de voltaje y corriente	80
Ilustración I.49 Proceso de corte de placas y ensamblado de piezas del Aforador de garganta larga	86
Ilustración I.50. Proceso de transporte y traslado de piezas del aforador para su instalación en sitio.	88
Ilustración I.51 Proceso de llegada del aforador e instalación en sitio seleccionado para su operación.	91
Ilustración I.52 Proceso de ensamblado y soldado del aforador de garganta larga en el sitio seleccionado.....	94
Ilustración I.53. Proceso de construcción del Pluviómetro y estructura para su montaje.	96
Ilustración I.54 Proceso de instalación en campo de la estructura y equipo hidrotermoplumiométrico.....	97
Ilustración I.55. Ensamblaje de celdas solares y batería de ciclo profundo.....	98
Ilustración I.56. Proceso de ensamblaje de los instrumentos de medición y aditamentos de protección para el sensor de temperatura.	100
Ilustración I.57. Proceso de ensamblaje y soldado de las secciones del aforador y estación intalada.	102
Ilustración I.58. Aforador y Estación instalados en el sitio de estudio.	103
Ilustración I.59. Aforador de garganta larga azolvado en la microcuenca Malacate.....	104
Ilustración I.60. Aforador de garganta larga desazolvado en la microcuenca Malacate.	104
Ilustración I.61. Nido de ratones que se encontró en el “registro” de la microcuenca Malacate..	105
Ilustración I.62. Medición del voltaje generador por el panel solar en la microcuenca Malacate.	105
Ilustración I.63. Revisión del controlador de carga en la microcuenca Malacate.	106
Ilustración I.64. Revisión del sensor ultrasónico en la microcuenca Malacate.	107
Ilustración I.65. Nivelación y acomodo del sensor ultrasónico de la microcuenca Malacate.	107
Ilustración I.66. Equipo medidor con sensor ultrasónico después del mantenimiento	108
Ilustración I.67. Vista del canal de llegada y aforador sin azolve y limpio de maleza.....	108
Ilustración I.68. Rana y lagartija, encontrados dentro del “registro” de la microcuenca Ichupio..	109
Ilustración I.69. Revisión del controlador de carga de la microcuenca Ichupio.	110
Ilustración I.70. Cambio de rondanas oxidadas en la batería de la microcuenca Ichupio.	110

Ilustración I.71. Cambio de rondanas oxidadas en la batería de la microcuenca Ichupio.....	111
Ilustración I.72. Nivelación y reacomodo del sensor ultrasónico de la microcuenca Ichupio.	111
Ilustración I.73. Equipo medidor con sensor ultrasónico después del mantenimiento y listo para registrar información en la microcuenca Ichupio.	112
Ilustración I.74. Recopilación de información en campo y ejemplo de datos obtenidos por correo electrónico.....	113
Ilustración I.75. Registro de precipitación diaria	114
Ilustración I.76. Comparación de volúmenes precipitados.....	114
Ilustración I.77. Comparación de volúmenes escurridos.	116
Ilustración II.1 Controlador de carga inteligente.	118
Ilustración II.2. Diseño de controladores	119
Ilustración II.3. Ensamblaje de controladores.....	120
Ilustración II.4. Ensamblaje de convertidor analógico.	121
Ilustración II.5. Diseño y ensamblaje de relevadores.....	122
Ilustración II.6. Diseño del divisor de voltaje	123
Ilustración II.7. Curva de funcionamiento de la Bomba.....	124
Ilustración II.8. Diseño del circuito de control de paneles y ensamblaje de éstos.	124
Ilustración II.9. Diseño de potencia en paneles.	125
Ilustración II.10. Diseño de potencia de 8 paneles.	126
Ilustración II.11. Ensamblaje de 8 paneles para mayor potencia	126
Ilustración II.12. Equipo completamente ensamblado.	127

Resumen Ejecutivo

El conocimiento de la respuesta hidrológica de una cuenca hidrográfica es condición necesaria para distintos fines, desde la estimación de los caudales generados por las tormentas hasta la evaluación del impacto que producen los cambios de uso del suelo en el ciclo del agua.

El presente proyecto se desarrolló con el fin de contar con herramientas para un adecuado seguimiento y apoyo para la toma de decisiones así como para fomentar y propiciar el desarrollo sustentable de las micro-cuencas, donde es indispensable introducir sistemas modernos y eficientes para la medición, monitoreo, almacén y envío telemétrico de datos para evaluar las labores de conservación de los recursos suelo-agua y bosque, así como desarrollar sistemas productivos soportados por fuentes de energía alternas renovables buscando potenciar su uso en la producción sostenible de alimentos y materias primas.

Por lo que el proyecto se planteó los siguientes objetivos:

- 1) Desarrollar y validar tecnología para la medición, monitoreo, almacenamiento y envío telemétrico de variables hídricas así como para la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables, todo ello, para apoyar y evaluar el estado de conservación del sistema agua-suelo-bosque en micro-cuencas, con y sin acciones de conservación.
- 2) Desarrollar tecnología de información y comunicación, soportados por sistemas de información geográfica, para apoyar la cuantificación y seguimiento de variables y acciones hidrológicas, ambientales, forestales y agro-productivas asociados a los procesos de recuperación, restauración y aprovechamiento sustentable de las micro-cuencas.

Como resultado del proyecto, se diseñó, construyó y probó el equipo denominado estación Hidro-termo pluviométrica, la cual cuenta con una pantalla gráfica para visualizar los datos correspondientes, un teclado numérico 4x4 botón de encendido y apagado, botón de reset, memoria micro SD de almacenamiento con capacidad de 4GB, un SIM telcel para conexión vía GPRS y envío de datos SMS según lo solicite el usuario, dos sensores ultrasónicos para determinar la cantidad de lluvia y o tirante correspondiente, un sensor de temperatura resistente a inclemencias del tiempo con encapsulado metálico, quedando todo el equipo ensamblado en un gavieta hermético para su protección.

En relación con el objetivo 2, en las microcuencas Ichupio y Malacate se instalaron dos estructuras de medición con sensor ultrasónico que monitorean los escurrimientos.

Como resultado del trabajo se observó que el escurrimiento de la microcuenca Ichupio es nulo respecto al volumen precipitado, mientras que para la microcuenca Malacate, el escurrimiento es apenas del orden del 1% del volumen precipitado.

Es decir el volumen de escurrimiento fue del 1% del volumen precipitado en la cuenca donde no se ha hecho obra de conservación de suelos y fue prácticamente nulo en donde si existen obras de conservación. Derivado de este proyecto ahora se cuenta con una metodología para evaluar el impacto de las obras de conservación en microcuencas.

Como parte del proyecto también se desarrolló el Sistema de Información Geográfica del Inventario de Cuencas, con la finalidad de registrar, sistematizar y actualizar toda la infraestructura existente y contar con un inventario actualizado de la actividad ganadera y de explotación de bosques así como áreas de reserva, todo apoyado en imagen satelital y de esta manera facilitar los reportes gráficos y geográficos de las diferentes herramientas del sistema, lo que permitirá a los tomadores de decisiones, hacer una mejor planeación respecto de las acciones de conservación y uso sustentable de los recursos a nivel de cuenca.

Introducción

Durante 2013, la Subcoordinación de Conservación de Cuencas y Servicios Forestales (SCCySA) realizó tres proyectos internos cuyos resultados principales fueron:

RD-1312: Seguimiento a la medición de escurrimiento, de ensamble de energía foto-voltaica con tecnología propia y de precipitación con tecnología comercial en cuencas pareadas. El resultado concreto es que la tecnología permite medir los volúmenes escurridos y precipitados en una micro-cuenca. Además se determinó la producción de sedimentos en el escurrimiento con toma manual de muestras.

RD-1313: Seguimiento al trazo hidrológico del terreno mediante el método de Keyline para aprovechar eficientemente el agua de lluvia, en el cual se desarrolló tecnología móvil propia para medir escurrimiento y precipitación a nivel parcelario. El resultado concreto fue que se almacena más agua de lluvia en la parcela y el desarrollo de la tecnología propia. RD-1307: Seguimiento al desempeño en campo de un sistema de riego presurizado así como a la instalación y evaluación del desempeño en laboratorio y campo de un sistema para desalar el agua salobre con fines de uso agrícola y uso de energía renovable. El resultado concreto es el conocimiento pleno de diseño, instalación y validación de tecnología comercial 1) para desalar el agua y 2) aplicarla eficientemente en la producción de cultivos agrícolas.

En resumen, la Subcoordinación de Conservación de Cuencas y Servicios Ambientales (SCCySA) cuenta con capacidades desarrolladas para:

- a) atender la evaluación de parámetros que permitan cuantificar el impacto de las prácticas de conservación, incluido la cosecha de agua y el método Keyline.
- b) desarrollar, construir e instalar tecnología propia de medición de escurrimiento y pluviometría, así como ensamblar equipo foto-voltaico.
- c) diseñar, instalar y evaluar la calidad del agua, desalarla y equipar su aplicación mediante el sistema de riego presurizado con energía foto-voltaica y eólica para la producción de alimentos.

Debido a que se suministra tanto materia (agua) como energía (eléctrica renovable), estas soluciones tecnológicas para el suministro de agua para la agricultura y alimentos tanto para seres humanos como para el ganado, es factible su aplicación en zonas marginadas del país. Esta es una solución concreta a la cruzada contra el hambre promovida en este sexenio por el

Gobierno Federal, es decir, es una tecnología para proveer a comunidades rurales de soluciones para consumo de agua limpia y producción de alimentos.

Con el fin de contar con herramientas para un adecuado seguimiento y apoyo para la toma de decisiones así como para fomentar y propiciar el desarrollo sustentable de micro-cuencas, es indispensable introducir sistemas modernos y eficientes para la medición, monitoreo, almacén y envío telemétrico de datos para evaluar las labores de conservación de suelo-agua y bosque en micro-cuencas, así como desarrollar sistemas productivos soportados por fuentes de energía alternas renovables para potenciar el uso del agua y del suelo en la producción sostenible de alimentos, mediante:

- 1) Metodología para evaluar el impacto de labores de conservación de micro-cuencas a través del registro de la variación del escurrimiento en función de la precipitación (incluye área piloto instrumentada con estación hidro-termo-pluviométrica, con telemetría GPRS y abastecida con energía solar fotovoltaica).
- 2) Estudio de alternativas para integrar un equipo automático para suministrar energía a un sistema de bombeo con fines de riego o desalación del agua en zonas rurales (en función de la disponibilidad local y temporal de energía lumínica, eólico-hidráulica y combustible fósil).
- 3) Sistema de información geográfica de variables hidrológicas, acciones de conservación, masas forestales, suelos y superficies con diferentes usos, así como reporte de seguimiento a los sistemas de medición instalados en las micro-cuencas Ichupio y Malacate.
- 4) Manual sobre el método Keyline para la captación y uso eficiente de la lluvia en parcelas productivas.

Métodos

1) La estación sirve para medir escurrimiento, temperatura y precipitación, la cual debe contener panel solar, controlador de carga, sensores ultrasónicos de nivel (dos, uno para gasto y otro para precipitación) y temperatura (tres) y batería de ciclo profundo, un gabinete con el microprocesador y tarjeta electrónica central además de la construcción en campo de una estructura de medición de gasto fija y de medición de la precipitación, móvil con protección en campo. La estación de acuerdo con la presencia de señal pública de GPRS, permitirá el envío o almacenará in-situ la información hidro-termopluviométrica obtenida y permitirá la consulta bidireccional de la información puntual vía SMS. Eventualmente la información almacenada y

enviada debe contener Fecha, hora, caudal, temperaturas y volumen del recipiente del pluviómetro. La estructura de medición será del tipo Aforador de Garganta Larga y deberá trabajar a descarga libre por lo que se requerirá de un solo nivel para medir el caudal. La estructura a descarga libre permitirá la medición de caudales.

El pluviómetro será de material plástico o PVC con reforzamiento, de ser necesario, de acero al carbón y deberá permitir el procesamiento de información de intensidad de lluvia, relativas a la cuenca del tipo erosivas, por lo que se hará un estudio previo para la determinación de su valor.

Finalmente se deberá instalar la estación y dar seguimiento al monitoreo de información de campo y en su caso el envío de información por red telemétrica para lo cual se realizará un programa que permita el procesamiento automático de la información recibida.

Dicho post-procesamiento deberá permitir acceder directamente a información de gasto, volumen así como temperaturas, medias, mínimas y máximas, y finalmente la intensidad de lluvia, la evaporación y la precipitación en el sitio.

Finalmente se determinará una metodología de evaluación cuantitativa del impacto de labores de conservación de cuencas basadas en entradas y salidas de masa, siendo las micro-cuencas los dominios respectivos.

2) Este estudio y el posible desarrollo de esta tecnología son condición necesaria para obtener una herramienta que permita el acoplamiento de equipos de generación de energía renovable y fósil en cuatro procesos distintos y complementarios en función de la energía renovable presente en un sitio. El estudio permitirá integrar un prototipo que puede contener gabinete para proteger la tarjeta electrónica y microprocesador central, los sensores de voltaje y corriente para cada tipo de equipo de energía (fotovoltaica, eólica, hidráulica y en su caso motobombéo), rectificadores de corriente por cada equipo, disipadores inteligentes de potencia, mecanismo o adaptación del arranque del motobombéo y por ende relevadores, clemas y fusibles y motor de arranque suave.

3) La primer versión del Sistema de Información Geográfica estará integrado por submódulos con los cuales se procesará la información de campo obtenida de las estaciones hidro-termopluviométricas para generar los reportes de los eventos de manera gráfica (incluyendo cuadros) y se podrá consultar y generar información diaria, mensual, anual o por evento de las variables: gastos y volúmenes, producción de sedimentos (inserción manual), temperaturas (máximas, mínimas y medias), precipitaciones (cantidad e

intensidades). La información se presentará en reportes georeferidos. Además, también el SIG permitirá la ubicación espacial de prácticas y obras conservacionistas, las superficies y los distintos usos de suelo, de la hidrografía que incluirá las redes de drenaje natural y artificial, así como, de la infraestructura de canales y caminos rurales. Con el SIG se podrá realizar un inventario en el tiempo de la situación actual y a través del tiempo de las variables hidrológicas y de prácticas y obras conservacionistas, usos de suelo, hidrografía e infraestructura hidroagrícola. Se programará en software libre que permita realizar los reportes georeferidos de variables hidrológicas y labores de conservación. El sistema deberá realizar cálculos de escurrimiento máximo y medio de acuerdo con la ecuación racional modificada y permitirá identificar por área parte de los coeficientes respectivos de la ecuación universal de pérdida de suelo, utilizados en la ecuación racional. Su uso servirá a la vez para estimar drenaje superficial y cosecha de agua sobre imagen de satélite. Para dar seguimiento a las estaciones de medición en Ichupio y Malacate se realizarán dos visitas y se recuperará la información en los equipos, a los cuales se les dará mantenimiento.

4) Debido a que el país tiene muchas zonas de aptitud forestal devastadas resulta necesario identificar métodos económicos de sembrado de árboles, arbustos, herbáceas o pastos masivamente y con tecnología de punta, además de la forma tradicional. Se revisará la literatura sobre métodos modernos de reforestación y se redactará un documento con los métodos existentes. Un rodal es la unidad básica del bosque geográficamente continua, cubierta con árboles de características homogéneas en cuanto a especie, edad, altura y densidad de los árboles, tipo de suelo, pendiente, estructura y volumen, sirve para inventariarlos cuantitativamente y es donde se planifican las actividades silvícolas o silvopastoriles del plan de manejo. Es decir es el punto de partida para las actividades de manejo integrado de cuencas. Además, el uso de la información obtenida disponible de una microcuenca permitirá identificar poblaciones rurales, áreas agrícolas, áreas forestales, áreas ganaderas, daños por la erosión, en general redes hidrográficas. Además se requiere completar la adaptación de tecnología del método Keyline con la cosecha de agua bajo condiciones de diseño hidrológico de terrenos agroforestales en una microcuenca, lo cual se hará sobre modelo de elevación con información disponible en imagen de satélite, información con la cual se complementará el manual sobre el método Keyline

Capítulo I. Evaluación de impactos de obras de conservación

Las cuencas pueden considerarse como sistemas abiertos en los que es posible estudiar los procesos hidrológicos; se llama sistema abierto al conjunto de elementos y alteraciones interrelacionadas que intercambian energía y materia con las zonas circundantes. La medición y análisis cuantitativo de sus características hidrográficas se denomina morfometría de la cuenca.

Por este motivo, la cuenca representa la unidad fundamental empleada en hidrología, la ciencia que se ocupa del estudio de las diferentes aguas en el medio ambiente natural. Constituye uno de los rasgos principales del paisaje, cuyo proceso de formación en la mayoría de los continentes está determinado por la erosión fluvial y el transporte y deposición de sedimentos. Ésta es la razón por la que las cuencas también son la unidad básica de estudio de la geografía física.

El estudio de las cuencas permite mejorar la evaluación de los riesgos de inundación y la gestión de los recursos hídricos gracias a que es posible medir la entrada, acumulación y salida de sus aguas y planificar y gestionar su aprovechamiento analíticamente, se considera que la administración integrada de las cuencas es el mejor método para el desarrollo de los recursos hidrológicos y la regulación de los ríos.

Para proponer un método de evaluación de impactos es necesario definir variables, primero hidrológicas.

I.1 Esguerrimiento superficial (esguerrimiento medio, máximo o avenida máxima)

La definición de las dimensiones de las obras hidráulicas, la disponibilidad de agua y la evaluación de la seguridad hidrológica de una ciudad o cuenca depende de la información y los análisis adecuados que sobre ésta se realicen. En efecto, los sistemas de alerta y el dimensionamiento de obras hidráulicas se llevan a cabo con base en el conocimiento de los gastos máximos asociados a un cierto periodo de retorno o crecientes de diseño. Particularmente el polígono de inundación es una función del tamaño e intensidad de las crecidas. Estas planicies de inundación son delineadas con base en estimaciones de tipo probabilístico de los registros de caudales máximos anuales y cuyos resultados se denominan predicciones. En cuencas urbanas, y en cuencas rurales sin aforos hidrométricos, la estimación de las crecientes de diseño se efectúa a través de métodos hidrológicos, los cuales con base en las características fisiográficas de la cuenca en estudio, transforman las precipitaciones de diseño en las predicciones buscadas.

Por otro lado, el cambio climático, como efecto no esperado por el hombre tras la quema de combustibles fósiles y cambios en el uso de la tierra (IPCC, 2007), está reconfigurando el clima mundial, haciéndose patente que tendrá consecuencias que afecten a la seguridad (inundaciones, enfermedades, hambrunas) y provocarán una competición más intensa por el agua y la energía, pudiendo producir, la carencia de agua, conflictos sociales dentro de una nación e incluso entre países.

Con el cambio del ciclo hidrológico, es decir, la modificación actual de la distribución del agua, se verá afectada toda la infraestructura para el abastecimiento del agua a las poblaciones, a la industria y a las centrales hidroeléctricas, estando también afectadas la fauna y la flora de una región dada.

El caudal es una de las variables hidrológicas superficiales vitales para comprender la gestión de los recursos hídricos. Se hace necesario, por tanto, estudiar los cambios en los caudales y su variabilidad temporal en el contexto del cambio global. De esta manera, conociendo las tendencias y los cambios, se podrá hacer un desarrollo acorde con las políticas hidrológicas.

I.2 Precipitación

Estos procesos que facilitan la transformación de precipitaciones de diseño requieren de la construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), curvas que sintetizan las características de las tormentas de la zona. Este tipo de curvas se construyen con base en los registros pluviográficos. Es decir, este proceso tiene en consideración la precipitación acumulada en un periodo de tiempo continuo, que suelen ser a cada 10 minutos y sus múltiplos. El equipo tradicional para registrar estos valores es el pluviógrafo, el cual gráficamente presenta el volumen acumulado de lluvia. Posteriormente se realiza una integración móvil del área bajo la curva, se obtiene el valor de lluvia acumulada y su intensidad para el paso de tiempo deseado. Por otro lado, el análisis probabilístico se realiza con la selección, para cada paso de tiempo, del valor máximo anual y se construye un modelo matemático para representar dicha variable.

Sin duda, los avances tecnológicos hoy disponibles exigen una actualización de la medición de las variables ambientales, particularmente de la precipitación. Por ello, ya existen equipos que registran la pluviometría y almacenan los datos para que posteriormente un técnico les recupere para su procesamiento. Lamentablemente, este tipo de infraestructura y personal calificado no está

disponible en cantidad y calidad en el país. Aun cuando se han realizado inversiones significativas para la modernización de la red de monitoreo pluviométrico nacional, esta, opera en forma ineficiente y no cuenta con un monitoreo adecuado de precipitación en cuencas. Este hecho tiene repercusiones importantes en el dimensionamiento de obras hidráulicas urbanas e infraestructura hidroagrícola, generando construcción de infraestructura que no puede garantizar un funcionamiento óptimo. Además de desconocer si en realidad la inversión fue la suficiente para proteger al ciudadano o a pesar de la inversión hecha, el nivel de peligro aún es significativo.

Debido a la relevancia de la variable precipitación en el ciclo hidrológico y particularmente para México, los estudios que se deben realizar deben estar enfocados a la estimación de la precipitación con mayor precisión utilizando la red de estaciones disponible o la estimación de esta variable con métodos alternativos. Los resultados de las investigaciones efectuadas son un soporte suficiente que justifican el desarrollo tecnológico aquí propuesto pues su éxito será garantía de mejores elementos de diseño y toma de decisiones en recursos hídricos.

I.3 Producción de sedimentos

Para todo profesional involucrado en la ciencia de la erosión y la sedimentación es imprescindible ser capaz de medir (o estimar) las tasas de erosión en un sitio dado. Esto es debido a tres razones fundamentales: (1) inventarios de erosión (usos de la tierra), (2) investigación y (3) desarrollo y evaluación de métodos en control de erosión.

La erosión/sedimentación puede ser medida bajo distintas escalas, según las condiciones en que se encuentre el profesional (topografía, accesibilidad, tiempo y, sobre todo, recursos) y los niveles de precisión deseados. Si consideramos la pérdida de suelo por la acción exclusiva del agua, podemos estimar la erosión ocurrida a nivel de sedimentos (alta precisión), por ejemplo la cantidad de sedimentos desprendidos y transportados por la erosión de impacto de una microcuenca hasta de una cuenca. También es posible realizar mediciones de la erosión a nivel de ladera (erosión laminar, en surcos y cárcavas).

Por otro lado, podemos estimar la erosión neta ocurrida a nivel de cuenca hidrográfica. En otras palabras, podemos medir variables como pérdida de suelo o acumulación de sedimentos. Sin embargo, es claro que mientras más

extensa es el área de influencia, menor es la precisión obtenida, pues los procesos erosivos están sujetos a cambios en las tasas de transporte y depósito de sedimentos. En cuanto a las escalas temporales, podemos estimar la erosión ocurrida en algunos segundos, en una tormenta, así como en temporadas enteras, años, décadas o siglos (García-Chevesich, 2008).

La erosión puede ser medida en terreno o bajo condiciones ambientales controladas (laboratorio), dependiendo del objetivo de la medición y los recursos disponibles. Para determinar las tasas de pérdida de suelo en un sitio dado, se deben además medir los factores que podrían influenciar en los procesos erosivos. Sin embargo, por muy exacta que sea la recolección de datos, resulta extremadamente difícil determinar con exactitud la erosión ocurrida en un área dada, debido a la alta variabilidad espacial y temporal de los procesos erosivos, así como los factores que los afectan. De este modo, para una misma área y bajo condiciones similares de precipitación, pendiente, vegetación, etc., podemos medir tasas de erosión completamente distintas en dos o más tormentas sucesivas. Esto se explica por el depósito y la disponibilidad de sedimentos, variables que cambian, valga la redundancia, constantemente (García-Chevesich, 2008; Hudson, 1993).

Por otro lado, cerca del 97% del agua del planeta se encuentra en los océanos. Esta agua posee elevada salinidad. Pero durante el ciclo hidrológico el agua cambia su composición. La evaporación es en sí un proceso de destilación, es decir que el vapor de agua originalmente no tiene sales. En su recorrido por el aire y en su asociación con los aerosoles, el agua puede cambiar rápidamente su composición. Una vez que se precipita dentro de una cuenca y ya en la superficie del terreno y en los cursos de agua da lugar a productos de meteorización en forma de soluciones y suspensiones, que dependerán del clima, relieve, propiedades y composición de las rocas, tipos de suelo, uso y manejo del suelo, entre otros.

Una vez introducida en el ambiente subterráneo está sujeta también a cambios en su composición química en función de los estratos geológicos que atraviesa y de la velocidad con que circula.

De allí entonces que se encuentren en forma natural diferentes calidades de agua y que esta calidad pueda variar naturalmente entre los distintos lugares y también a lo largo del tiempo.

La toma de muestras de agua para su análisis químico, físico y bacteriológico es sumamente importante. Según sean las condiciones de intervención antrópica, los resultados de dichos estudios sirven para:

- conocer las características originales de un cuerpo de agua superficial o subterráneo (fondo natural o línea base), en el caso de áreas sin o con intervención de las actividades humanas y productivas.
- hacer un seguimiento de las modificaciones que pudieran producirse por la intervención del hombre (uso de fertilizantes, descarga de efluentes, vertido de residuos, explotación inadecuada de acuíferos y ríos, establecimiento de obras y prácticas de conservación de agua y suelo, cambios en el uso de suelo, etc.) y, eventualmente servir de alerta temprana evitando riesgos para la salud o evaluar los efectos por la aplicación de programas y proyectos en cuencas, y también debido a los usos de suelo que predominan en la cuenca.

Del lado edáfico se cuenta con las variables más importantes.

Contenido de humedad de suelo

La humedad juega un rol fundamental en el comportamiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El agua del suelo transporta sustancias a través del perfil de este. El régimen de humedad de un suelo determina los tipos de plantas que crecerán en este, afectando además la forma en que se distribuyen las raíces. El contenido de humedad del suelo puede cambiar rápidamente, pudiéndose incrementar en minutos u horas. En contraste, la fase de secamiento puede tomar semanas o meses.

El contenido de humedad de los suelos típicamente se encuentra en un rango de 5 a 50 % cuando se encuentran en su máxima capacidad de retención (capacidad de campo).

El conocimiento de la respuesta hidrológica de una cuenca hidrográfica es condición necesaria para distintos fines, desde la estimación de los caudales generados por las tormentas hasta la evaluación del impacto que producen los cambios de uso del suelo en el ciclo del agua.

La respuesta hidrológica de una cuenca hidrográfica está determinada por una serie de factores que interactúan entre sí y regulan los procesos hidrológicos. En las cuencas los factores más relevantes son la irregularidad espacial y temporal de las precipitaciones, la topografía, la variabilidad espacial de las características superficiales y propiedades físicas de los suelos, la presencia y densidad de la cubierta vegetal y la humedad antecedente.

La importancia de la humedad del suelo como factor regulador de la generación de escurrimiento en cuencas se da debido a la reducción en la capacidad de infiltración de los suelos conforme aumenta la humedad. Otros autores atribuyen a la humedad un papel secundario frente a la importancia de las características superficiales del suelo, especialmente los fenómenos de

encontramiento. Por último, la importancia de la humedad antecedente en el escurrimiento generado depende de otros factores como son las características de las precipitaciones o la textura del suelo (Malik et al., 1987).

EL escurrimiento y el contenido de humedad en el suelo son dos variables mutuamente dependientes y sin información de la variabilidad del contenido de ésta última, la interpretación y predicción del comportamiento hidrológico de una cuenca es difícil (Phillips, 1992). Por este motivo, es necesaria la obtención de métodos útiles que sirvan para estimar el contenido medio de humedad de una cuenca hidrográfica a lo largo de un rango de escalas en cualquier momento del año (Grayson y Western, 1998), así como para determinar la variabilidad espacial del mismo.

I.4 La tecnología en apoyo de evaluación de variables hidrológicas y edáficas

Hoy en día, existen sistemas comerciales que utilizan avances tecnológicos tales como la electrónica y sistemas de cómputo para la observación de variables hidrológicas y edáficas. Sin embargo, el alto costo de operación de sistemas que capturen, almacenen y procesen datos de variables hídricas, ha llevado al fracaso al tratar de implementarlas en países como el nuestro.

Lo que se requiere hacer es definir el componente organizacional, que está referido al conjunto de definición de los campos de la información a tratar y el subconjunto de procesos necesarios para darle calidad a los datos y transformarlos en información espacio-temporal. Con este conjunto de procesos e infraestructura se facilitará el desarrollo de investigación y de aplicaciones prácticas que beneficiarán a la sociedad. Además, se podrá apoyar en la toma de decisiones hidrológico-ambiental. Los desarrollos tecnológicos que puedan surgir deben tener otras aplicaciones de monitoreo y control remoto de procesos en tiempo quasi-real. Pero sin duda lo más importante debe ser que la tecnología desarrollada sea propia al grupo de investigación y apropiada a las condiciones del país.

A continuación se presenta el desarrollo de tecnología.

I.4.1 Diseño y ensamble de equipo hidro-termo-pluviométrico

El diseño e instalación de un aforador es algo generalmente deseable para medir y regular el caudal de agua de los canales de riego y para medir el gasto

de los cauces. La temperatura es un índice indicativo del calentamiento o enfriamiento del aire que resulta del intercambio de calor entre la atmósfera y la tierra. La temperatura indica en valores numéricos el nivel de energía interna que se encuentra en un lugar en ese momento.

El diseño e instalación de un aforador es algo generalmente deseable para medir y regular el caudal de agua de los canales de riego y para medir el gasto de los cauces no navegables, drenajes, vertidos libres, etc. Con este equipo intentaremos basar la medición de caudales en fundamentos científicos sólidos, desarrollando una teoría rigurosa sobre el paso del agua a través de aforadores de contracción larga. Basándonos en esta teoría y en una considerable experiencia en la adaptación de estos instrumentos al riego y al uso de las cuencas hidrográficas, hemos elegido algunos de los dispositivos de medida más apropiados para las necesidades existentes en cuanto a gestión del agua.

En este proceso hemos adoptado muchas decisiones, teóricas y prácticas, para facilitar al usuario la elección del medidor más conveniente. Todos los dispositivos en general son del tipo de aforador de garganta larga o de vertedero de cresta ancha, hidráulicamente relacionados entre sí. Esta familia de aforadores tiene, sobre todos los demás aforadores y vertederos conocidos, las siguientes ventajas principales:

- Con tal que el régimen crítico se produzca en la garganta, será posible calcular una tabla de valores de los caudales, con un error menor del 2%, para cualquier combinación de garganta prismática y un canal de aproximación de forma arbitraria.
- La sección de la garganta, normal a la dirección de la corriente, puede diseñarse de tal manera que sea capaz de medir con exactitud la gama completa de caudales previstos.
- La pérdida de carga sobre el vertedero o el aforador, que debe corresponder a una relación única entre la altura de carga aguas arriba, referida al resalto, y el caudal, es mínima.
- Esta pérdida de carga necesaria puede estimarse con suficiente exactitud para cualquiera de estas obras, instalada sobre cualquier canal.
- Debido a su tramo de transición, gradualmente convergente, estos medidores tienen pocos problemas por causa de los arrastres de materiales flotantes.
- Las observaciones de campo han demostrado que estas obras pueden diseñarse para que los sedimentos transportados pasen por canales en régimen subcrítico.

- Dado que el fondo de la contracción es horizontal en la dirección de la corriente, se puede confeccionar un cuadro de valores basado en las dimensiones reales, posteriores a la construcción. Esto permite realizar una tabla exacta, que compense las desviaciones de la obra en relación con las dimensiones proyectadas. Igualmente permite, en caso necesario, variar la forma de la garganta.
- En condiciones hidráulicas y del entorno similares estos vertederos y aforadores son, en general, el tipo más barato de construcción para medir caudales con exactitud.

En las zonas agrícolas de México no se aplican, en general, sistemas eficaces para captar y almacenar agua de lluvia en el propio predio que permitan hacer uso del agua por las plantas. Para maximizar el aprovechamiento de esta agua de lluvia en los diversos usos del suelo del agro nacional, una alternativa adecuada es el impulso de métodos y técnicas del tipo “diseño y trazo hidrológico de terrenos”. Con esta tecnología se pueden manejar y aprovechar los escurrimientos a nivel de microcuencas y fincas, donde actualmente se desperdicia el agua precipitada al dejarla pasar y que simplemente continúe su camino hacia aguas abajo.

El método del diseño hidrológico del terreno aunque no es nuevo, es algo casi desconocido en México. El sistema combina la captación y conservación del agua en el propio terreno (agrícola, pecuario o forestal), lo que se logra siguiendo un patrón diferente a las curvas de nivel, convirtiendo así al propio suelo en el mejor almacenador de agua de lluvia.

Con el propósito de comprobar y difundir las bondades de esta metodología en el medio agrícola del estado de Morelos, especialmente en su región de menor precipitación, se plantea el presente proyecto, en el cual se espera mostrar que con el sistema del diseño hidrológico del terreno, se continuará teniendo la misma cantidad de lluvia que antes, pero la diferencia es que ahora, el agua será retenida por más tiempo en el terreno y se reducirá su pérdida como escurrimiento superficial. Ahora habrá más humedad en el suelo, más vegetación y por lo tanto más raíces. Si todo lo anterior es bien manejado, se puede acelerar la formación de suelo fértil y capturar CO₂. Con más humedad y vegetación, se mejora la productividad agrícola del suelo, se embellece el paisaje y se contribuye a la estabilización del clima.

La estación Hidro-termo pluviómetro realiza una medición de determinadas medidas de temperatura y precipitación incluyendo también la medición de los tirantes correspondientes en el AGL.

En concreto, se toman las temperaturas extremas de cada día para lo que se cuenta con Sensores de temperatura. Estos datos tienen como fin principal medir temperatura del lugar. La temperatura es uno de los factores abióticos más importantes que influyen en los procesos fisiológicos y bioquímicos durante el crecimiento y desarrollo de las plantas. La fisiología y el metabolismo funcionan a ritmo cuando a temperatura de la zona o región corresponde a las necesidades del vegetal bajo cultivo. Plantas leñosas o herbáceas presentan su propio termómetro.

Plantas a pleno sol o plantas a media sombra: Es una frase que se escucha muy comúnmente y sólo, para expresar los rangos de horas luz necesarias en el ciclo biológico de la planta. Sin embargo la temperatura estará siempre presente tanto en el sustrato o suelo como en el ambiente, en donde se desarrolla primeramente la etapa vegetativa del órgano vegetal; y no obstante, hay una correspondencia entre la temperatura que guarde el sistema radicular mientras el vegetal se llena el follaje que le es necesario para cumplir las dos etapas restantes que son la de movimiento interno y la reproductiva.

Efectos de la altitud: Puesto que la temperatura varía con la elevación, los cambios de altitud son relativamente equiparables a los de latitud. Usualmente se produce un descenso (practica en nuestras zonas serranas) de 1.60 centígrados en la temperatura media por cada 300 metros de aumento de la altitud.

La altitud produce una verdadera zonación de temperatura, muy importante para la distribución de especies vegetales naturales (pera, tejocote, capulín , zarzamora), así como para la posibilidad de producir cosechas; a propósito esto recibe frecuentes preguntas respecto de los requerimientos climáticos.

En América Latina se han reconocido cuatro zonas: tierra caliente, tierra templada, tierra fría y tierra helada, esta última al sur del continente; pero todas guardan un rango de temperatura con la cual se producen variados cultivos, siempre y cuando el productor se interese por el manejo dominante del factor calor.

La temperatura es un índice indicativo del calentamiento o enfriamiento del aire que resulta del intercambio de calor entre la atmósfera y la tierra. La temperatura indica en valores numéricos el nivel de energía interna que se encuentra en un lugar en ese momento. Esta energía interna se encuentra en equilibrio entre el sistema (plantas, animales, etc.) y el ambiente (aire). Las características físicas del aire de ser un fluido gaseoso le confiere gran movilidad y un potencial dinámico en los intercambios del sistema.

En este contexto es importante considerar la definición de la fenología de cultivos (coeficientes de cultivo y profundidad de raíz, como dos de los datos más importantes), en función de los GDC, entendidos como la integral entre una temperatura base y la letal para un cierto cultivo.

Para cuantificar la lámina precipitada se diseñará y construirá un prototipo de pluviógrafo con base en el medidor ultrasónico de nivel y el principio de almacenamiento y sifonamiento de un volumen de agua. Con la finalidad de cuantificar el volumen que fluye superficialmente se utilizarán un pluviómetro y sensores de temperatura además dicho sensor ultrasónico se anexará para la medición del tirante en un aforador de garganta larga para cuantificar la cantidad de agua que pasará en un determinado tiempo.

Con la construcción de los 2 equipos de medición denominados Hidro-termo pluviómetro se permitirá obtener la precipitación efectiva, mismos que serán utilizados en el balance hídrico parcelario el cual representa el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.

El equipo Hidro-termo pluviómetro está compuesto por un sensor de temperatura, dos sensores ultrasónicos el cual uno es para determinar la cantidad de lluvia almacenada en un determinado lugar refiriéndose a un pluviómetro de autosifonamiento los cuales intervienen de diferente manera en la obtención de información hidroagrícola, el segundo sensor ultrasónico será el encargado de determinar el tirante que pase por un aforador de garganta larga y así obtener el gasto.

El Hidro-termo pluviómetro es un equipo que va registrando y mide continuamente a través del tiempo, la cantidad de lluvia precipitada y al mismo tiempo el gasto que pasa por un AGL.

Esto permite obtener también la intensidad de la lluvia, que es un dato importante para varios estudios agronómicos, hidrológicos, y de conservación y erosión de suelos, etc.

La Hidro-termo pluviométrica en su parte térmica realiza cálculos de determinadas medidas de temperatura. En concreto, se toma la serie temporal de la temperatura durante el día.

Tomando en cuenta que los cultivos para su óptimo desarrollo necesitan alcanzar una zona de confort que se delimita por la temperatura base máxima

y la temperatura base mínima, mientras este dentro de ese umbral, ya que estando arriba o abajo del clima propicio no hay desarrollo o es muy lento.

I.4.2. Definición

I.4.2.1. Suma Térmica

La suma térmica (ST) (acrónimo en inglés: GDD) es una herramienta heurística en fenología. GDD se usa en horticultura y en jardinería para predecir la fecha donde una flor pasa a enfrutar o cuando alcanza un cultivo la madurez fisiológica.

En ausencia de condiciones extremas tales como sequías desestacionales o enfermedades, las plantas crecen acumulando en etapas fuertemente influenciadas por la Temperatura en grados centígrados (T°) ambiental. Las sumas térmicas tienen aspectos del tiempo local permitiendo predecir, cuando las plantas avanzarán hacia la madurez. (Wikipedia: suma térmica).

I.4.2.2 Cálculo

ST se calcula tomando el promedio diario de cada día de la T° máxima y mínima comparada con una base (usualmente 10 °C). Con la ecuación: $ST = (\text{Máx} + \text{mín}) / 2 - \text{Base}$. Las ST son típicamente medidas con las mínimas de invierno. Una T° por debajo de la base es puesta en la base antes de calcular el promedio. Así, la T° máxima es usualmente cerrada a 30 °C porque muchas plantas e insectos no crecen más rápido por encima de esa T°. Sin embargo, algunas plantas de regiones templadas y tropicales siguen requiriendo significativamente en días encima de 30 °C para madurar los frutos o las semillas.

Por ej., un día con una máxima de 23 °C y una mínima de 12 °C contribuiría con 7.5 STs. Otro día con 13 °C y 10 °C = 1.5 STs.

I.4.2.3. Conversión

Para convertir °F GDcal a °C GDcal: $^{\circ}\text{C GDcal} = (5/9) \times (^{\circ}\text{F GDcal})$

Para convertir °C GDcal a °F GDcal: $^{\circ}\text{F GDcal} = (9/5) \times (^{\circ}\text{C GDcal})$

Tenga en cuenta que, debido a que los días-grados son relativos a una temperatura base (a diferencia de las relativas a cero), es incorrecta para añadir o restar 32 al convertir los días-grados de Celsius a Fahrenheit y viceversa.

I.4.2.4. Base

10 °C es la más común base para el cálculo de la ST, sin embargo, el óptimo es determinado experimentalmente en base al ciclo de vida del vegetal o el insecto en cuestión. (Wikipedia: suma térmica).

El método, denominado precisamente como método de los grados-día, requiere discernir entre los grados-día de calentamiento (GDC), y los grados-día de enfriamiento (GDE), tomando como criterio de comparación una llamada temperatura base (TB), la cual viene a ser una magnitud familiar para cada país o región donde se ha estado aplicando este método, pero que no puede ni debe ser considerado una constante aplicable a cualquier punto del planeta.

Esta temperatura base representa la temperatura en la cual debe existir un balance energético tal en el objeto de análisis (edificios residenciales, comerciales, industriales, etc.) en que no se requiera calefacción ni enfriamiento para obtener una sensación agradable para sus ocupantes, aunque esta no dependa íntegramente del parámetro temperatura, pero sí de factores relacionados con ella directa o indirectamente

I.5. Diseño de circuito impreso de estación hidrotermo-pluviómetro

Se diseña el diagrama esquemático correspondientes, con sus respectivos componentes y puertos de comunicación necesarios para el funcionamiento del Hidro-termo-pluviómetro utilizando software de diseño (Altium).

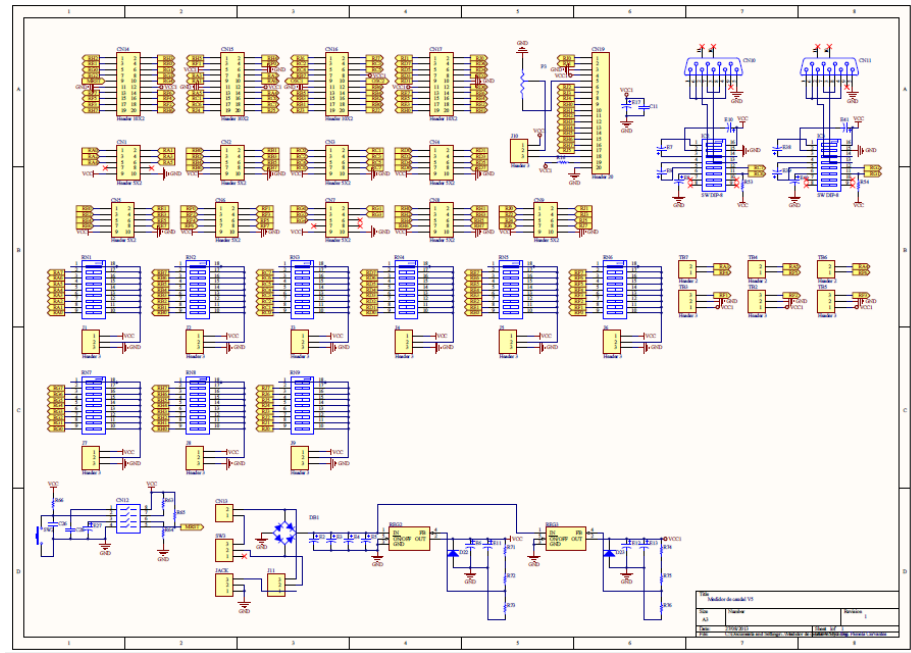


Imagen 1 Esquemático de Hidrotermo pluviometro

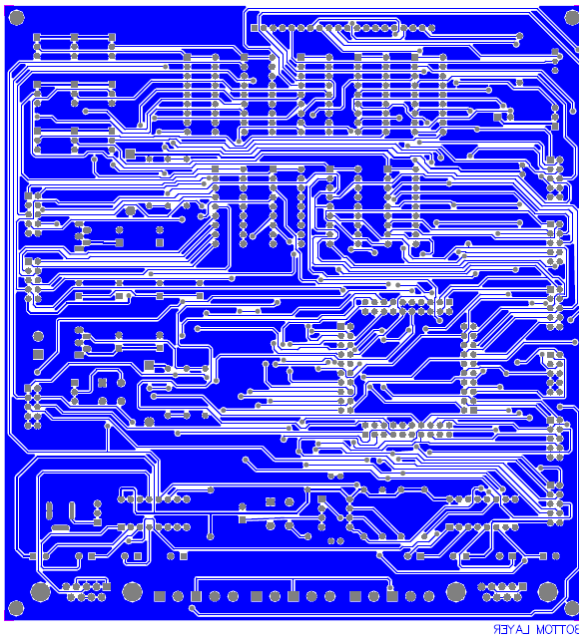


Imagen 2 Top Layer

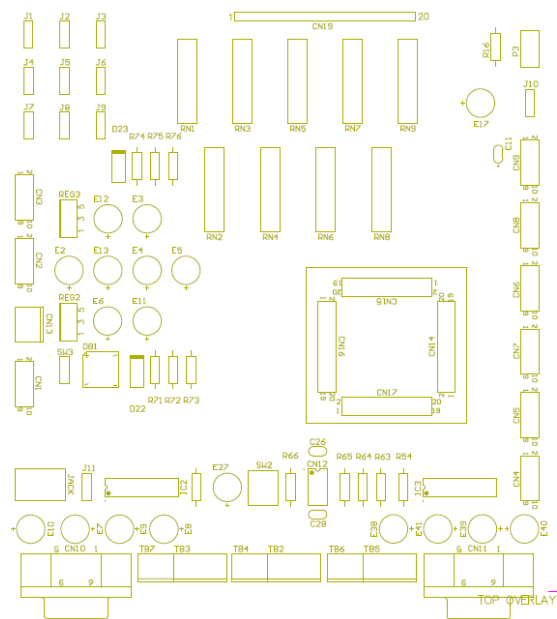


Imagen 3 Asignación de componentes electrónicos

Se realiza la construcción del Hidro-termo Pluviómetro, la cual consta de una placa de cobre con un circuito específico para el funcionamiento de la misma, con diferentes entradas y salidas para el manejo de los sensores de temperatura, sensor ultrasónico y almacenamiento de datos en micro SD.

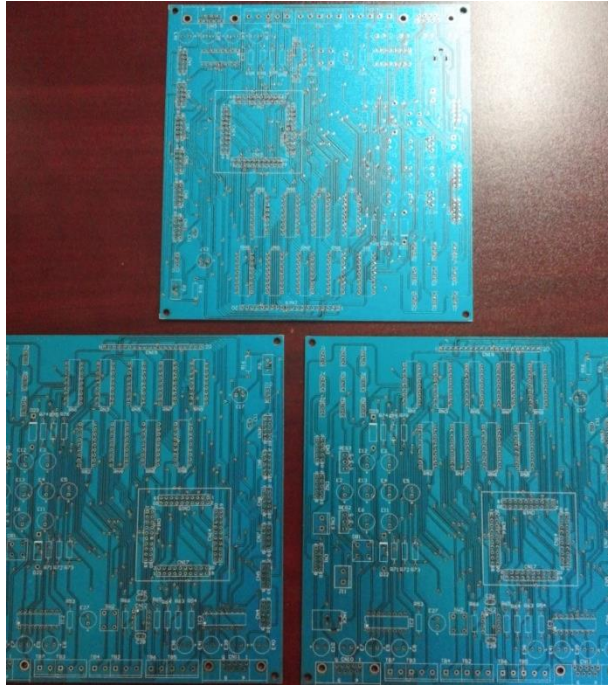


Imagen 4 Placa de circuito impreso para ensamble

I.5.1 Lista de materiales electrónicos

El material electrónico para el ensamble de la respectiva tarjeta del Hidrotermo pluviómetro es el siguiente para un solo equipo.

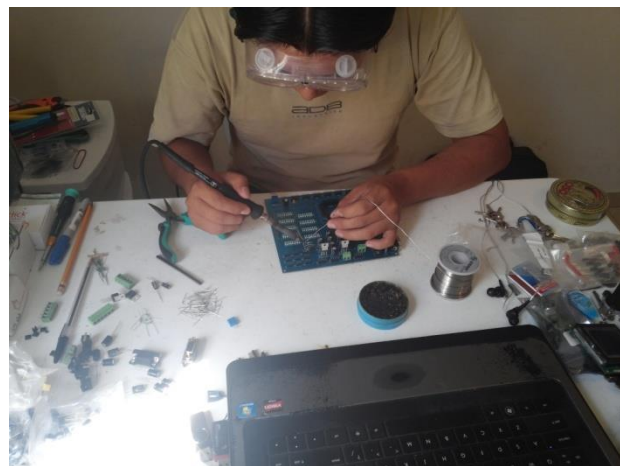
- ✓ 9 capacitores $10\mu\text{F}$ a 35v
- ✓ 9 capacitores $10\mu\text{F}$ a 35v
- ✓ 3 capacitores 100nF a 35v
- ✓ 95 resistencias $\frac{1}{4}$ w
- ✓ 1 resistencia 100Ω
- ✓ 2 resistencia $1.2\text{ k}\Omega$ $\frac{1}{4}$ w
- ✓ 2 resistencias $2.7\text{ k}\Omega$ $\frac{1}{4}$ w
- ✓ 2 resistencias 390Ω $\frac{1}{4}$ w
- ✓ 1 resistencia de 10Ω
- ✓ 1 potenciómetro $10\text{k}\Omega$
- ✓ 2 RS232 para circuito impreso
- ✓ 3 terminales de 3 tornillos para circuito impreso
- ✓ 3 terminales de 2 tornillo para circuito impreso
- ✓ 1 puente de diodos a 35v
- ✓ 1 swit tipo push botón de 4 pines
- ✓ 1 botón de reset normalmente abierto

- ✓ 1 swit de encendido
- ✓ 1 metro de cable plano de 10lineas
- ✓ 50cm de cable plano de 40 líneas
- ✓ 2 diodos SB360
- ✓ 2 CI TL7705
- ✓ 2 Reguladores LM2576 HVT
- ✓ 2 MAX 232
- ✓ 2 Headers hembra 40x1
- ✓ 2 Headers hembra 40x2
- ✓ 2 Headers macho 40x1
- ✓ 2 Headers macho 40x2
- ✓ 2 pin torneado hembra 40x1
- ✓ 2 sintra 3mm
- ✓ Terminales para molex 15 piezas
- ✓ Molex macho 3 pines
- ✓ Molex hembra 5 pines
- ✓ Moles hembra 3 pines
- ✓ Molex macho 5 pines

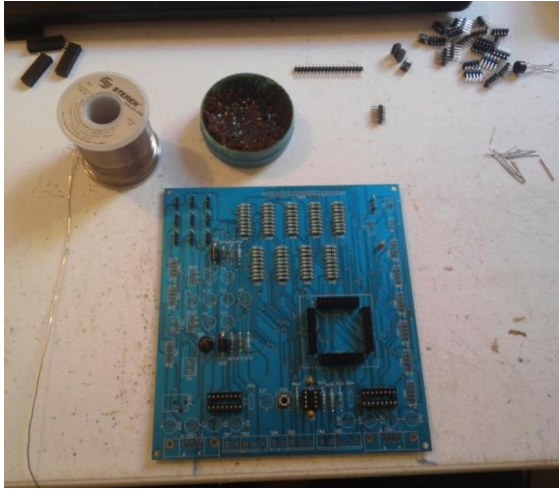
I.5.2 Selección y ensamble de componentes en tarjeta de adquisición de datos



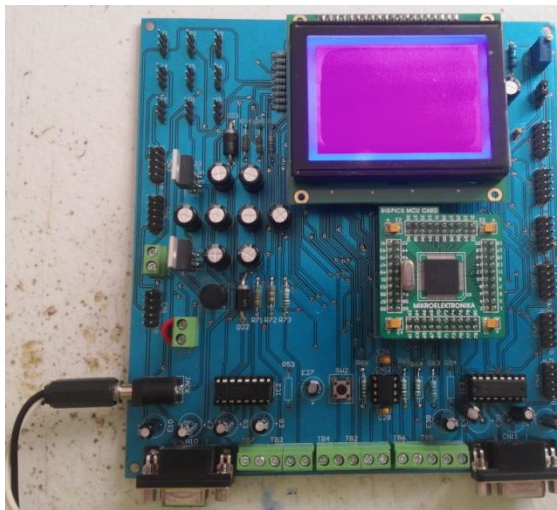
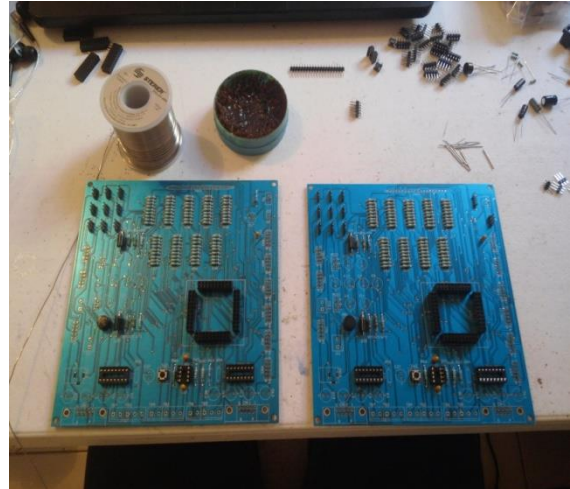
Placa con algunos componentes



Ensamble de componentes



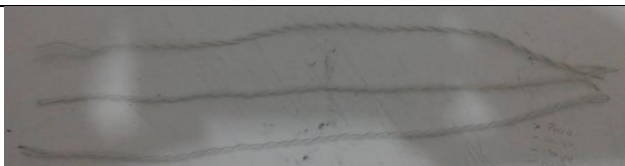
Tarjeta de medidor de caudal semi armada



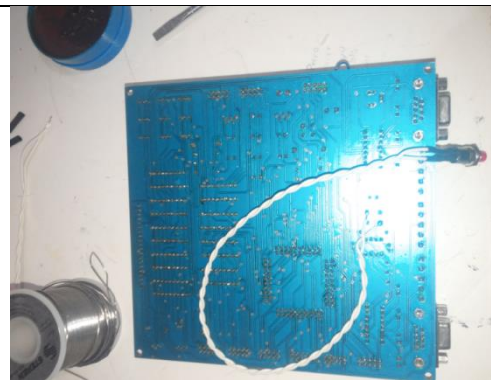
Placa ensamblada



Vista Lateral



Cableado para reset



Parte trasera de Tarjeta ensamblada

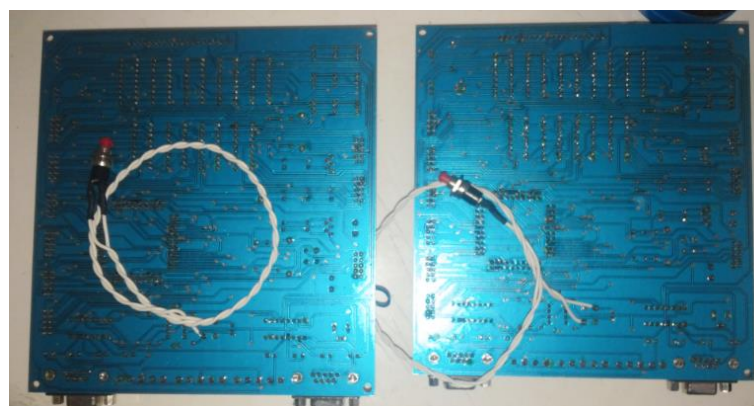


Ilustración I.1 Proceso de Construcción y ensamble de tarjeta para adquisición de datos.

S

e requiere de un determinado número de componentes para el armado de la tarjeta principal con dispositivo para almacenamiento de información, además requiere de memoria Micro SD 4gb adaptable y adaptación de teclado numérico para ingresar los datos correspondientes, pantalla grafica GLCD para visualizar los datos correspondientes y adaptar telemetría para envío de información vía sms y gprs.

La tarjeta principal del Hidro-termo-pluviómetro consta de diferentes puertos de salida y entrada para la comunicación con sensores, pantalla gráfica, teclado y diferentes dispositivos que se le pueden llegar adaptar, en esta tarjeta se coloca el Microcontrolador el cual es el encargado de monitorear las señales de cada componente conectado y realizar los diferentes procedimientos para mostrar los resultados en la pantalla gráfica.

I.5.3 Diagrama de sensores ultrasónicos

Los sensores de ultrasonido son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias de hasta 5m.

El sensor de ultrasonido emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señal eléctrica, las cuales son recibidas en el micro controlador que contiene el Hidro-termo pluviómetro, una vez obtenida la señal esta misma es procesada para sus respectivas operaciones.

Estos sensores trabajan con pulsos que son emitidos en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales.

Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos. Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco.

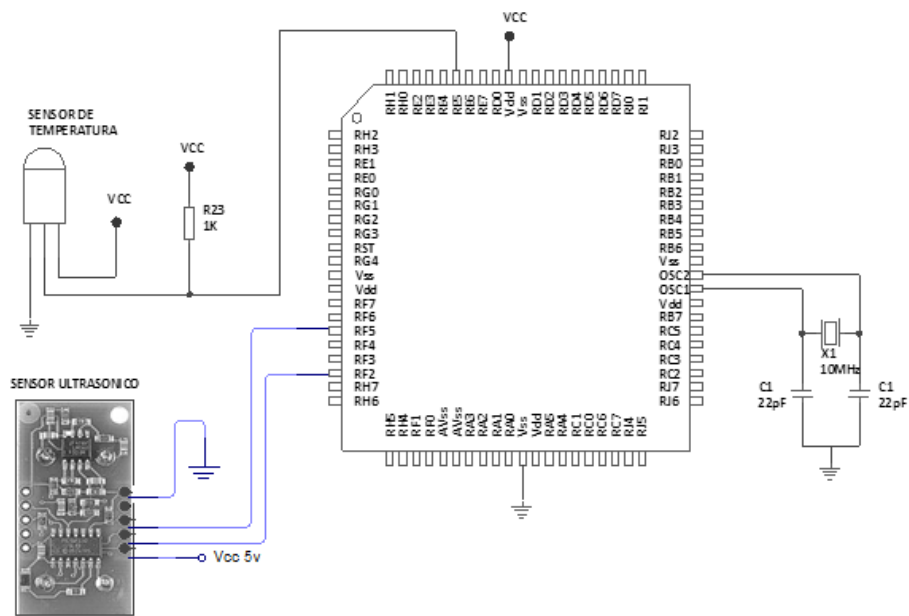


Ilustración I.2. Diagrama para la construcción del Sensor ultrasónico y de temperatura

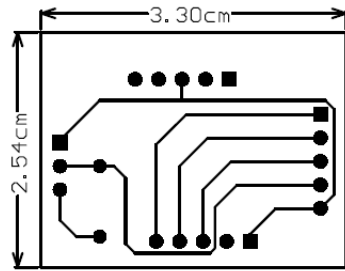
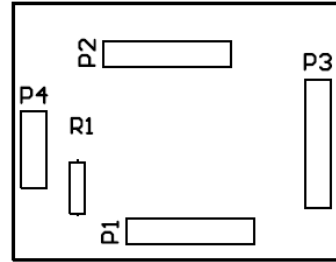
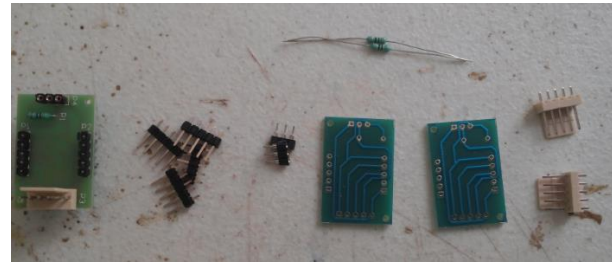
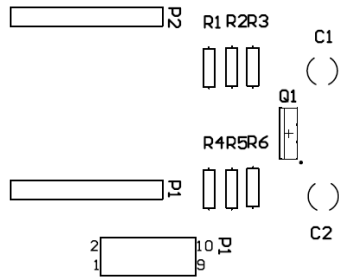


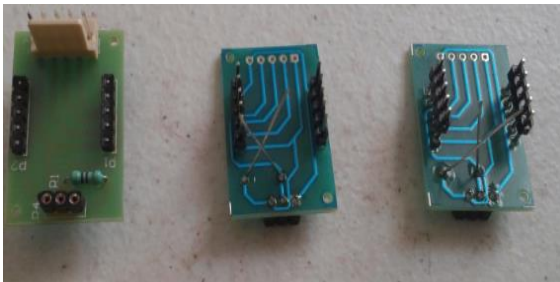
Diagrama de base del sensor ultrasónico



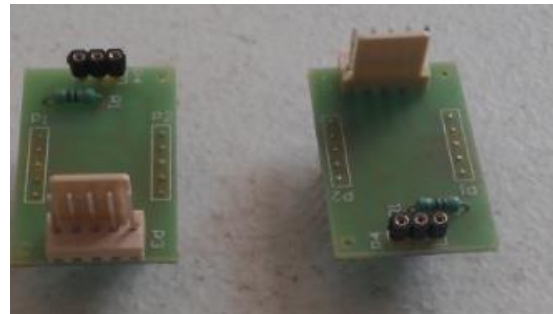
Ubicación de componentes



Piezas para ensamble



Base de Sensor ultrasónico y temperatura



Sensor ultrasónico ensamblado

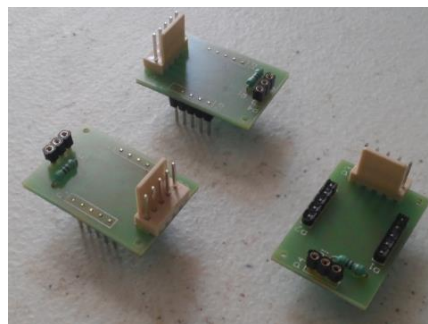


Ilustración I.3 Proceso de construcción y ensamble de los sensores ultrasónico y de temperatura

Cada equipo cuenta con una tarjeta para el ensamble del sensor ultrasónico el cual lleva integrado un sensor de temperatura y a la par tomar datos correspondientes para el proceso de información.

I.5.4 Armado y ensamble de tarjeta de almacenamiento de datos

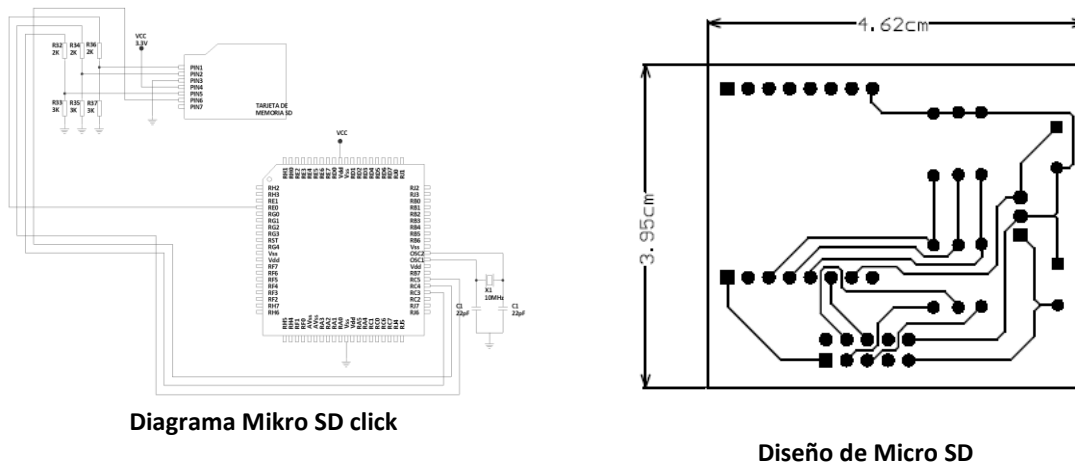


Ilustración I.4. Diagrama y diseño de la tarjeta Micro SD.

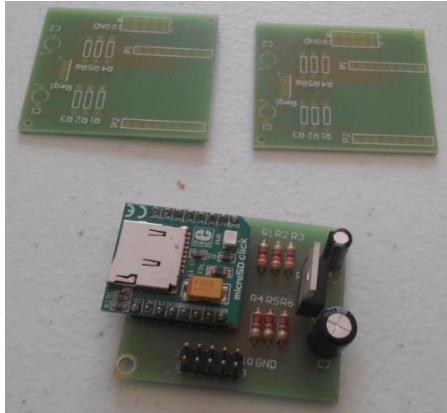
El equipo cuenta con dispositivos independientes para almacenar la información recolectada en un determinado tiempo, utiliza memorias micro SD con capacidad de 4GB, los datos recolectados son almacenados en un archivo TXT.

Esta información es almacenada para su determinado procesamiento o en su caso ser enviada vía gprs a un determinado correo electrónico.

La tarjeta de almacenamiento de información, cuenta con ranura para inserta micro SD de diferentes capacidades, esta memoria puede ser extraída para recuperar la información de días, semanas o meses.

Cuenta con un puerto de comunicación la cual por medio de un cable plano de 10 vías y un conector, 2 pines son de alimentación y los demás de conexión, estos conectan con la tarjeta principal para almacenar la información obtenida de diferentes sensores.

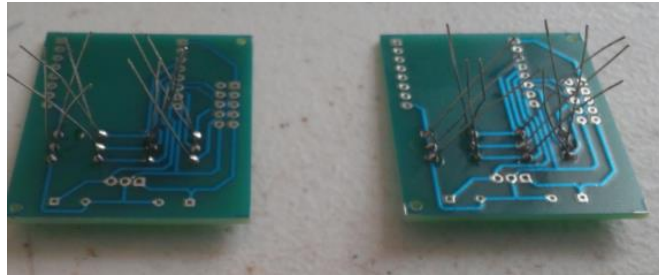
La micro SD Click es una tarjeta de accesorio en factor de forma mikroBus. Cuenta con una ranura para tarjetas micro SD utilizadas como medio de almacenamiento masivo para dispositivos portátiles utiliza una interfaz estándar SPI además garantiza una comunicación sencilla a altas velocidades de datos. Normalmente se usa para leer o almacenar datos como música, archivos de texto, videos y más. Utiliza una potencia de suministro de 3.3V.



Dispositivo para almacenamiento de información



Tarjeta ensamblada



Ensamble de tarjeta Micro SD



Micro SD Click Semi ensamblada



Ensamble completo de SD

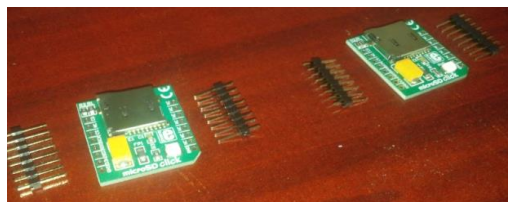
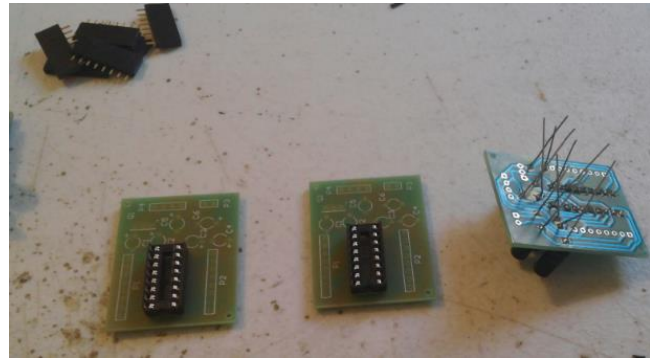
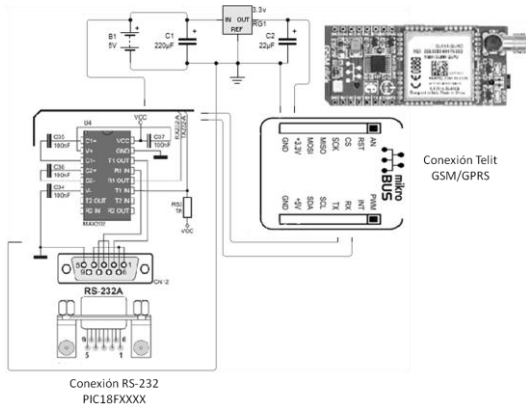


Ilustración I.5 Proceso de ensamble de tarjetas Micro SD Click

I.5.5 Diseño armado y ensamble de telemetría para envío de información

La tarjeta del dispositivo encargado para el envío de información vía GPRS se muestra a continuación, este dispositivo cuenta con la facilidad de instalar un

chip de un teléfono convencional con el cual realiza la conexión al GPRS de la red en la cual envía la información a distancia a cualquier correo electrónico o algún servidor determinado, se alimenta con 5v, utiliza el circuito integrado Max232 para la conversión de señal, además tiene un conector DB9 con carcasa para una fácil instalación en la tarjeta principal.

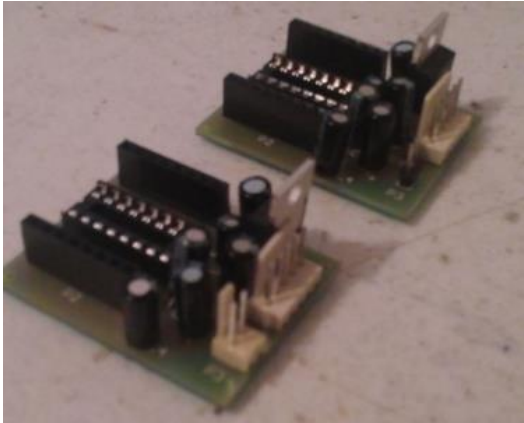


Ensamble de dispositivo para envío de información

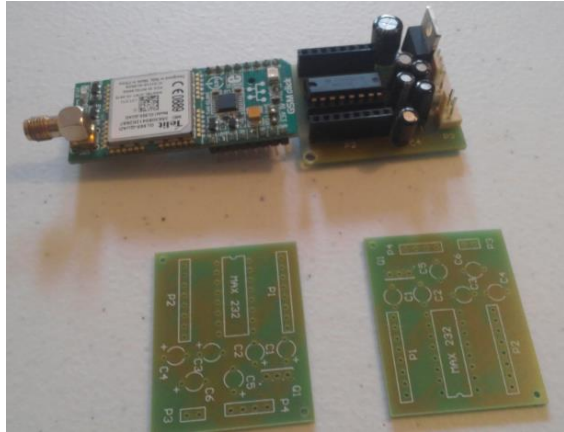
Diagrama GSM/GPRS envío de datos

Ilustración I.6 Diagrama y ensamble del Dispositivo GSM/GPRS para el envío de datos.

El equipo cuenta con un dispositivo para el envío de información ya sea vía SMS o GPRS, esta información es solicitada a petición del usuario, el SMS se solicita realizando una llamada perdida al dispositivo ya que este mismo tiene integrado un SIM con un determinado número a lo cual el equipo reconoce el número específico de quien le llama enviándole un mensaje de texto con los datos que contiene en ese momento el equipo, la información vía GPRS es enviada cada hora con un aproximado de 20 datos por hora, esto se lleva a cabo realizando una conexión vía GPRS y enviando estos datos a un correo electrónico.



Max 232, conector Molex y fuente de voltaje



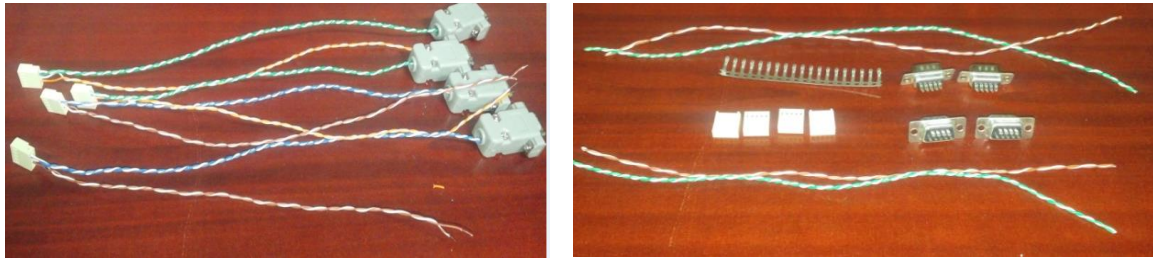
TELIT GSM CLICK



Conexión vía RS232



Telemetría ensamblada



Conector DB9 y Molex

Ilustración I.7. Proceso de armado y ensamble de dispositivos de telemetría para el envío de información.

I.5.6 Ensamble de teclado matricial 4x4

Un teclado matricial es un arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos. Un teclado matricial 4x4 solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y otras 4 líneas para las columnas, de este modo se pueden leer 16 teclas utilizando solamente 8 líneas de un microcontrolador. Si asumimos que todas las columnas y filas inicialmente están en alto (1 lógico), la pulsación de un botón se puede detectar al poner cada fila a en bajo (0 lógico) y checar cada columna en busca de un cero, si ninguna columna está en bajo, entonces el 0 de las filas se recorre hacia la siguiente y así secuencialmente.

Un modo simple de detectar la tecla presionada es incrementar una variable con la cuenta de las teclas revisadas, de este modo al detectar una pulsación el valor de la cuenta será el valor de la tecla presionada. Si al final no se presionó ninguna tecla la variable se pone a cero y la cuenta vuelve a comenzar. El puerto D del microcontrolador 18F8722 (así como en el 16f877) viene preparado especialmente para el control de un teclado matricial 4x4. Para tener siempre un valor de 1 lógico en las columnas del teclado (parte alta del puerto D del pic) es necesario conectar resistencias de pull-up, sin embargo el puerto D cuenta con resistencias de pull-up integradas, de ese modo es posible trabajar con un teclado matricial sin necesidad de ningún componente externo. Las resistencias de pull-up del puerto D se habilitan poniendo en 0 el bit NOT_RBPU del registro OPTION_REG. Al método aquí expuesto para detectar la pulsación de una tecla en un teclado matricial se le conoce como muestreo secuencial. Existen otros, sin embargo éste es tal vez el más sencillo.



Teclado



Teclados para los dos equipos



Con conector Molex



Teclado y bus de comunicación



Teclado armado

Ilustración I.8. Proceso de armado y ensamble de teclado matricial 4x4.

I.5.7 Ensamble de sensor ultrasónico y cable de comunicación

A continuación se muestra el ensamble de la tarjeta en la cual se coloca el sensor ultrasónico y un sensor de temperatura cuenta con un conector molex en la cual sus diferentes pines son utilizados para alimentación, comunicación del sensor ultrasónico y del sensor de temperatura.

El sensor medidor de distancia SRF05 es un sensor de US (Ultrasonidos) capaz de medir distancias de hasta 5 metros. Este es una versión actualizada del sensor SRF04. Básicamente tiene tres mejoras respecto a su antecesor.

- La primera es la incorporación de un led en su parte trasera que nos indica el buen funcionamiento de éste.
- La segunda mejora es el aumento de la distancia que pasa de 4 a 5 metros.
- La última y no por ello menos importante, es el modo de funcionamiento de éste, permite utilizar el mismo sistema que su antecesor (utilizando dos pines) y el nuevo modo que simplifica el sistema utilizando un único pin.



Modo 1: compatible con SRF04 (2 pines)

Este modo usa el disparo y el eco de forma separada, para utilizar este modo sólo necesitamos conectar el sensor de la siguiente manera.



Su funcionamiento es muy sencillo, tenemos que enviar un pulso de 10us por la patilla del disparador para que este active el sensor y haga la medición. La salida del sensor no es más que otro pulso de entre 100 us y 25 ms, donde un pulso de duración de 30 ms indicaría que el obstáculo está fuera de rango del sensor.



Cable para comunicación con el sensor



Conector de comunicación



Ensamble de sensor ultrasónico



Sensor ultrasónico listo



Sensor en cubierta de Nylacero



Base de sensor con conectores



Cableado requerido



Sensor ultrasónico ensamblado



Parte interna de sensor

Ilustración I.9 Proceso de armado y ensamble de sensor ultrasónico y cable de comunicación.

Cada equipo cuenta con su respectivo sensor ultrasónico, se requieren 2 sensores ultrasónicos por equipo, cada uno lleva un cable de 5 metros con su respectivo conector, dicho sensor se inserta en una cubierta de Nylacero para su protección agregándole una glándula modelo PG7 la cual sirve como protección contra humedad, el sensor es colocado en su respectiva tarjeta de cobre anteriormente ensamblada.

1.5.8 Sensores de temperatura (18B20) para exterior

El equipo cuenta con un sensor de temperatura para exterior el cual tiene encapsulado metálico capaz de soportar las inclemencias del tiempo así como lluvia, polvo, viento etc.

El termómetro digital DS18B20 proporciona 9 bits para mediciones de temperatura Celsius de 12 bits y tiene una función de alarma con puntos picos superior e inferior programables por el usuario, no volátiles.

El DS18B20 comunica a través de un bus 1-Wire que por definición, requiere solamente una línea de datos (voltaje y tierra) para la comunicación con un

microprocesador central. Tiene un rango de temperatura de funcionamiento de $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ y tiene una precisión de $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el rango de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Además, el DS18B20 puede derivar la energía directamente de la línea de datos, eliminando la necesidad de una fuente de alimentación externa.

Cada DS18B20 tiene un código de serie único de 64 bits, lo que permite que múltiples DS18B20 funcionen en el mismo bus o alambre. Por lo tanto, es fácil de usar en un microprocesador para controlar muchos DS18B20 distribuidos sobre un área grande. Las aplicaciones que se pueden beneficiar de esta característica incluyen HVAC controles ambientales, sistemas de control de la temperatura interior de los edificios, equipos o maquinaria, y la supervisión de procesos y sistemas de control.

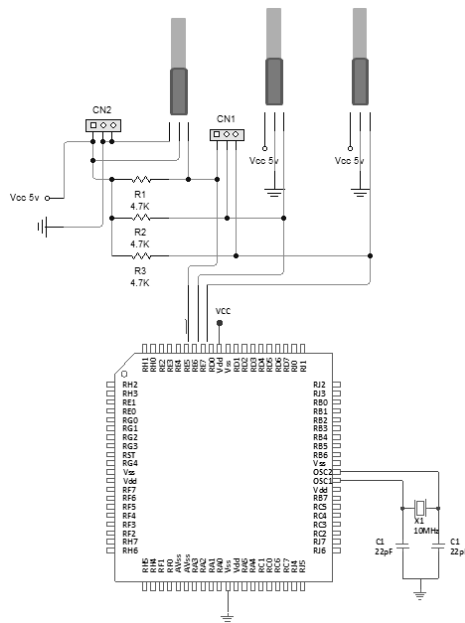
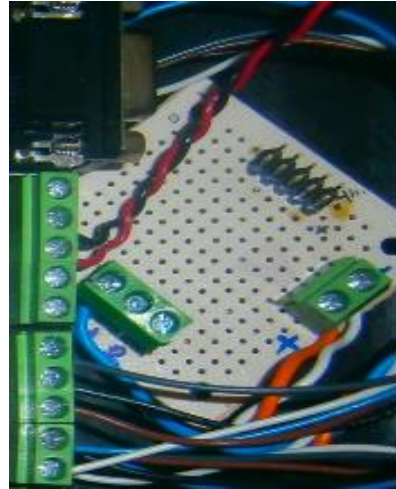


Ilustración I.10. Diagrama de conexión SENSOR DS18B20



DS1820 Sensor de temperatura



Tarjeta para sensor de temperatura

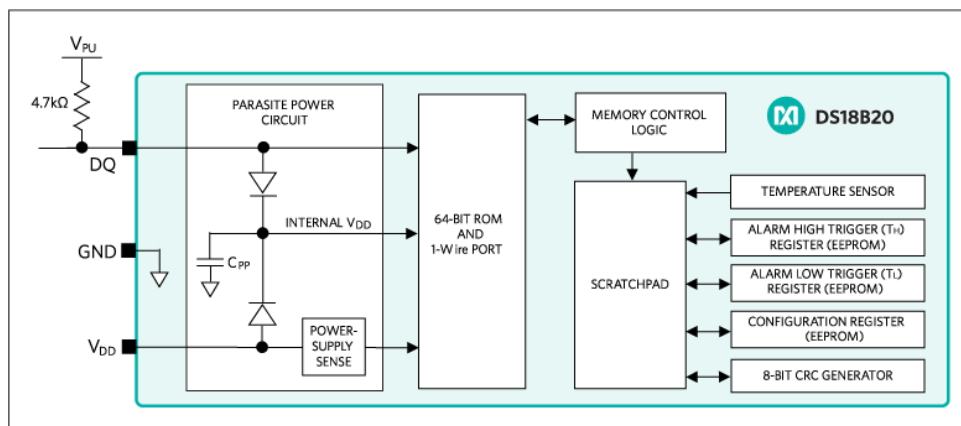


Diagrama a bloques DS18B20

Ilustración I.11 Diagrama y ensamble de sensor de temperatura para exteriores.

I.5.9 Características principales de los sensores DS18B20 o DS1820:

- Interfaz única 1-Wire Requiere un solo puerto Pin para la Comunicación
- Cada dispositivo tiene un único 64-Bit código de serie almacenado en una ROM a Bordo.
- Multipunto capacidad simplifica Distribuidos Aplicaciones sensible a la temperatura.
- No requiere componentes externos.
- Puede obtener energía de línea de datos; Rango de alimentación es 3.0V a 5.5V.

- Mide temperaturas de $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-67\text{ }^{\circ}\text{F}$ a $+257\text{ }^{\circ}\text{F}$) $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Precisión de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Resolución del termómetro es seleccionable por el usuario de 9 a 12 Bit.
- Convierte la temperatura a 12-Bit de Forma digital en 750 ms (Max).
- Definible por el usuario no volátil (NV) Configuración de alarma.
- Búsqueda de alarmas Mando identifica y trata los dispositivos cuya temperatura límites está programado exterior (Temperatura Estado de alarma).
- Disponible en 8-Pin SO (150 milésimas), 8-Pin μSOP , y 3-Pin TO-92 Paquetes.
- Software compatible con el DS1822.

Cada sensor 18B20 para exterior cuenta con una tarjeta de ensamble el cual contiene una resistencia de 4.7 kohms, un puerto de comunicación en el cual dos pines son para voltaje y un pin de salida respectivamente, de esta forma el sensor es de mejor manejo y ensamble para adaptarlo a la tarjeta de adquisición de datos.

I.5.10 Ensamble de equipo hidro-termo pluviómetro

El equipo denominado Hidro-termo pluviómetro, está conformado por diferentes etapas en su ensamble, cada equipo se empotra en un maletín hermético el cual protege contra el agua o polvo y resistente a los golpes, la tapa superior es de un material Sintra, que es un panel de espuma de cloruro de polivinilo (PVC) de células cerradas, siendo una de las marcas líderes en el mercado.

Es un material ligero pero rígido, durable y resistente a los golpes. Permite la impresión directa mediante procesos tradicionales o impresión digital.

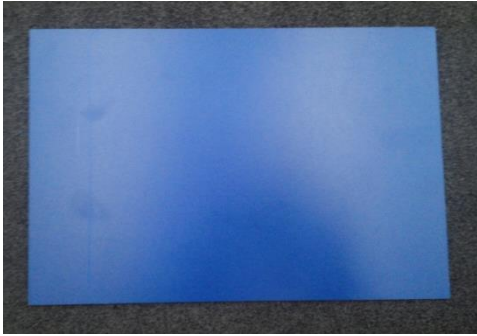
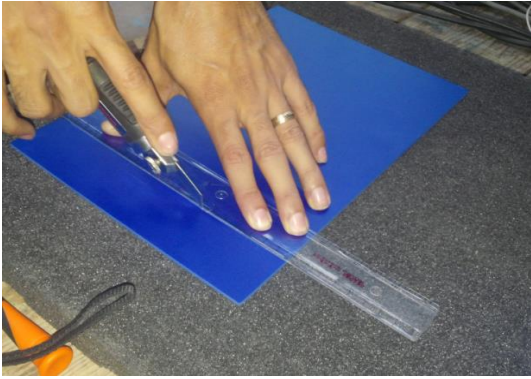


Imagen 5 Sintra de 30X25 cm



Imagen 6 Estuche hermético

Se realizan diferentes tipos de corte según lo requiera las medidas de los componentes que se asignaran en cada espacio y se tallan las esquinas para lograr una buena inserción en el estuche en el cual se ensamblará todo el equipo.



Inicio de cortes



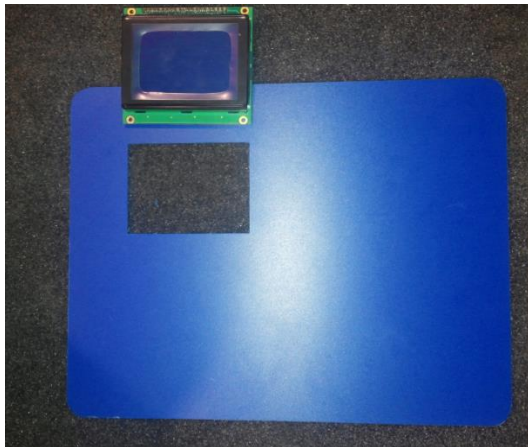
Material Sintra en proceso de cortes



Tapa superior del Hidrotermo pluviómetro



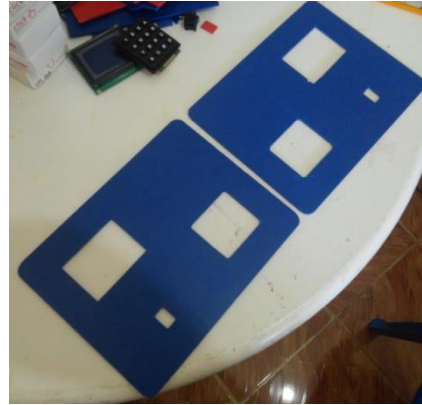
Cortes para pantalla GLCD



Adaptación de pantalla GLCD



Adaptación de Teclado



Tapa frontal terminada

Ilustración I.12. Proceso de cortes de Sintra para ensamble de equipo Hidro termopluviómetro.

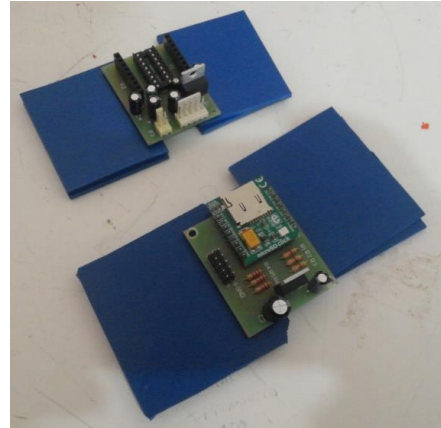
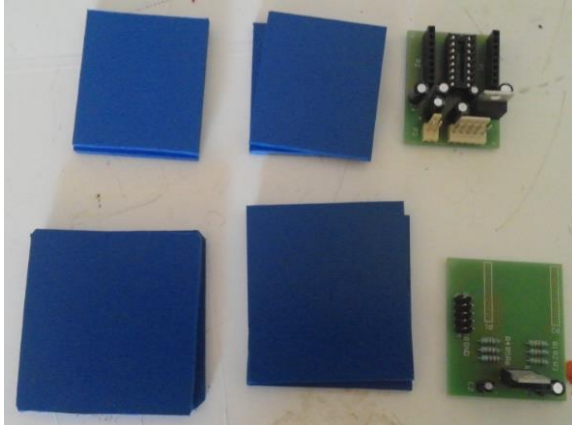
I.5.11 Cortes para ensamble de tarjeta Micro SD, Comunicación GSM y GLCD

Una vez teniendo los cortes necesarios se realiza el ensamble en los lugares correspondientes para cada componente dentro del gabinete y en la tapa superior.

En la tapa superior, cada corte corresponde a un componente en específico, así como la pantalla grafica o GLCD en la cual se mostraran los datos correspondientes a la medición, el teclado matricial con el cual se tendrá interacción con el equipo e ingresaran los datos correspondientes, botón de encendido y apagado y reset general del equipo.

Además se realizan diferentes cortes para la base en la cual será atornillada la placa de cobre de la tarjeta madre, esta misma se coloca en la parte interna del gabinete.

Se realizan los cortes necesarios para las bases de la memoria de almacenamiento y el componente de comunicación a distancia, estos cortes tienen q ser un poco superior a la medida de la placa de cobre para poder sujetarlos como se muestra a continuación:



Bases para Micro SD Y GSM

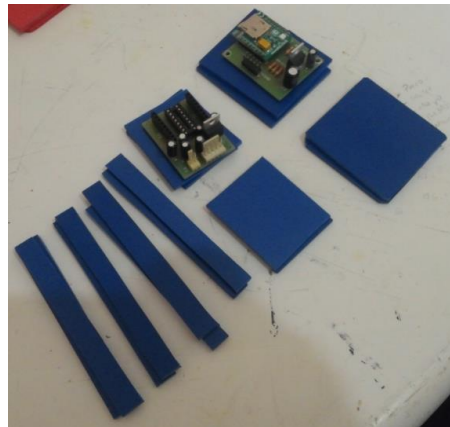
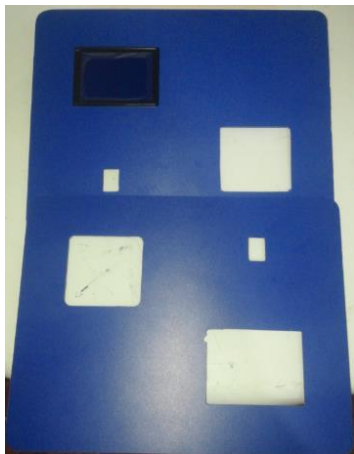
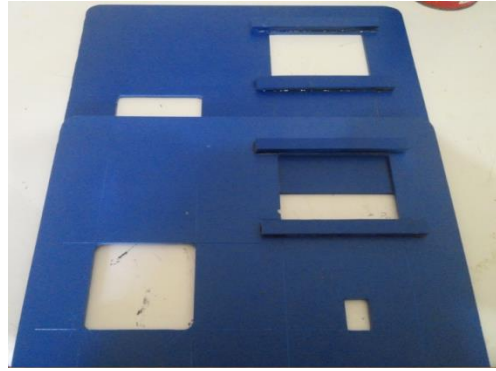


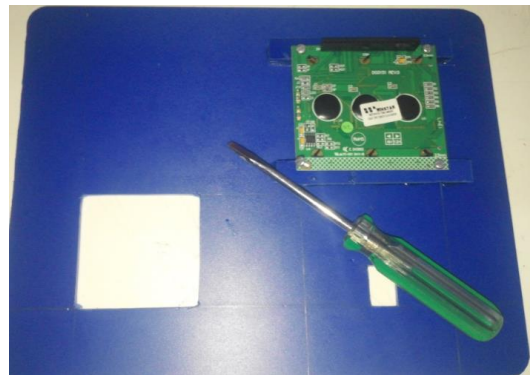
Ilustración I.13. Cortes para ensamble de tarjetas y dispositivos de comunicación.



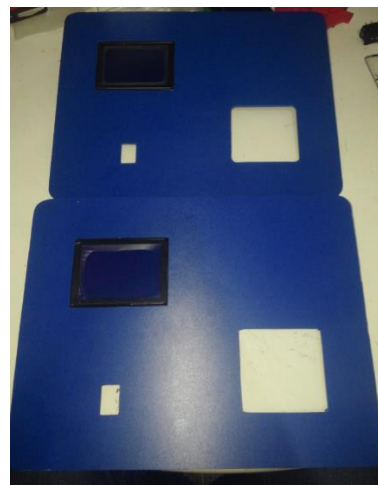
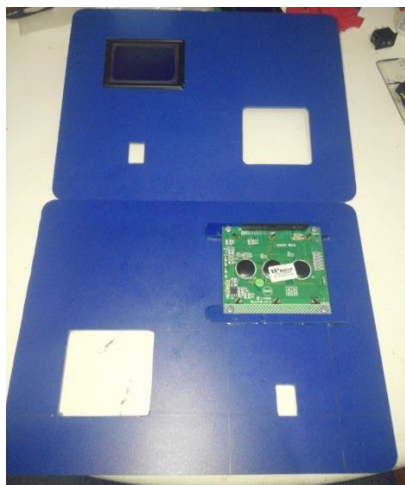
Espacio para pantalla GLCD



Ensamble de pantalla GLCD



Parte trasera GLCD



Pantalla GLCD instalada



Pantalla GLCD y teclado matricial instalados



Parte frontal terminada

Ilustración I.14. Detalles del ensamble de pantalla y teclado matricial en material Sintra.



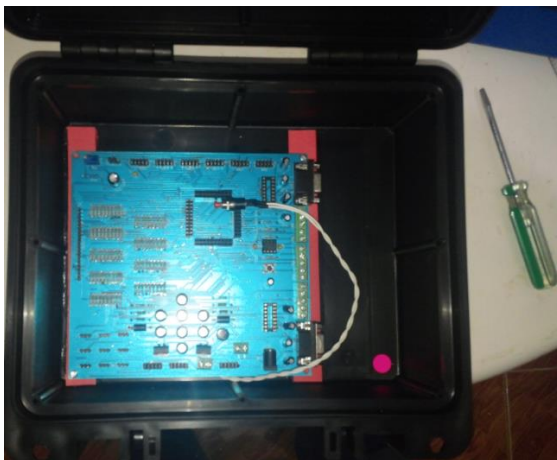
Bases para fijar tarjeta



Ensamble en estuche



Bases listas para fijar tarjeta



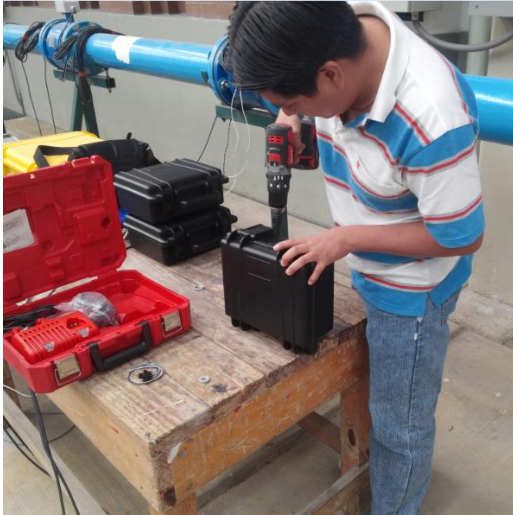
Tarjeta ensamblada en estuche



Tapa superior y estuche hermético

Ilustración I.15. Proceso de fijación de dispositivos en estuche hermético.

Una vez teniendo las respectivas bases para los componentes, se le realizan barrenos a los gabinetes hermético para las salidas de las conexiones de cada sensor y cables de alimentación estos mismos tendrán una glándula denominada PG7 para la protección contra agua y polvo.



Barrenos para salida de cableado





Barrenos



Estuches listos para cableado

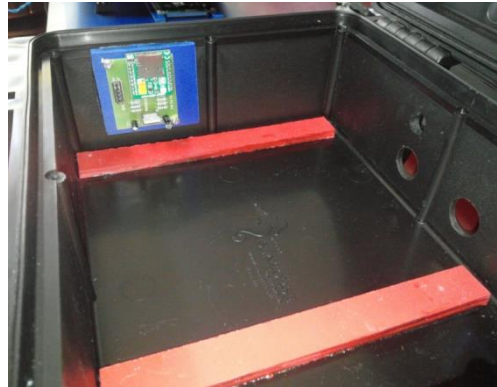
Ilustración I.16. Proceso de adecuación de estuches para la salida de cables.

I.5.12 Ensamble en gabinete hermético

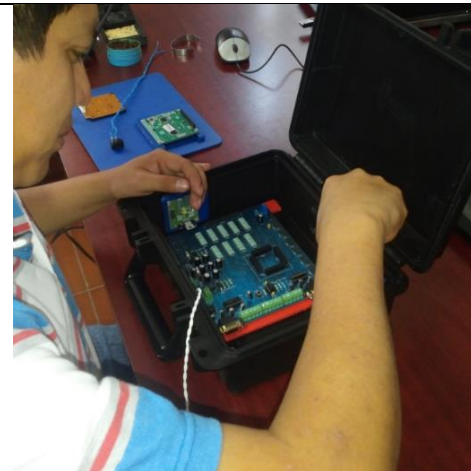
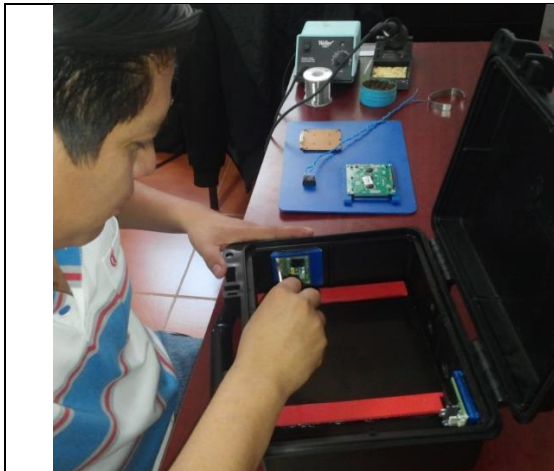
La colocación de cada componente es asignado de acuerdo a los espacios en el gabinete hermético, se coloca como base material Sintra y se adhiere al gabinete con pegamento para PVC y una vez realizado, se atornilla.



Ensamble de tarjetas de comunicación



Micro SD para almacenar



Colocación tarjeta de adquisición de datos



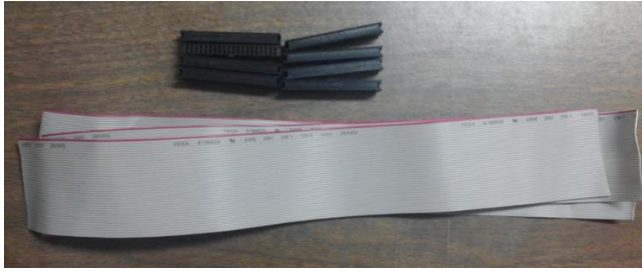
Ensamble en estuche



Tapa frontal y estuche

Ilustración I.17 Ensamble de tarjetas y dispositivos en gabinete.

Después de tener cada componente en su lugar asignado, se toman medidas para hacer los cortes a los cables de comunicación, los cuales servirán para las conexiones de la pantalla GLCD, Memoria de almacenamiento y teclado numérico, así también el cable de comunicación de la tarjeta de adquisición hacia el módulo Telit, el cual llevara un conector DB9 y su protocolo de comunicación será RS232.



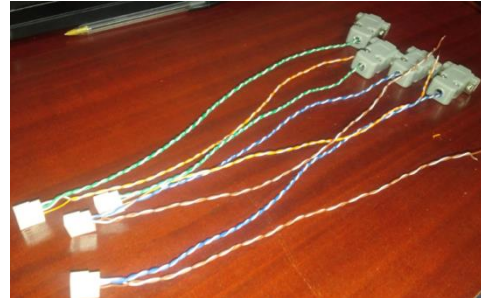
Comunicación de GLCD



Cable GLCD 40 vías



Cable de comunicación con SD



envío de datos RS232

Ilustración I.18 Proceso de protección de cables de los dispositivos de comunicación.

I.5.13 Resultados

El equipo denominado “Estación Hidro-termo pluviómetro”, quedó terminado y listo para cargar el programa en código hexadecimal en la memoria interna del micro controlador, cada uno de los equipos cuenta con una pantalla gráfica para visualizar los datos correspondientes, un teclado numérico 4x4, botón de encendido y apagado, botón de reset, memoria micro SD de almacenamiento con capacidad de 4GB, un SIM telcel para conexión vía GPRS y envío de datos SMS según lo solicite el usuario, dos sensores ultrasónicos para determinar la cantidad de lluvia y o tirante correspondiente, un sensor de temperatura resistente a inclemencias del tiempo con encapsulado metálico, y todo el equipo quedó ensamblado en un gabinete hermético para su protección.



Equipo ensamblado



Dos equipos



Parte interna del Hidrotermo-pluviómetro

Ilustración I.19 Hidrotermo-pluviómetro ensamblado.



Ensamblado del sensor de temperatura



Ensamblado de los Sensores ultrasónicos



Equipos terminados



Resultado final

Ilustración I.20. Ensamblado de los sensores ultrasónicos y de temperatura en el Hidrotermopluviómetro.

I.6 Instalación de campo en el nevado de Toluca

Con el fin de contar con herramientas para un adecuado seguimiento y apoyo para la toma de decisiones así como para fomentar y propiciar el desarrollo sustentable de micro-cuencas, es indispensable introducir sistemas modernos y eficientes para la medición, monitoreo, almacén y envío telemétrico de datos para evaluar las labores de conservación de suelo-agua y bosque en micro-cuencas; así como desarrollar sistemas productivos soportados por fuentes de energía alternas renovables para potenciar el uso del agua y del suelo en la producción sostenible de alimentos. Bajo este enfoque se pretende contribuir en la atención de las necesidades de producción de alimentos en beneficio de la población rural en línea con la cruzada contra el hambre del gobierno federal.

Uno de los objetivos principales del proyecto es desarrollar y validar tecnología para la medición, monitoreo, almacenamiento y envío telemétrico de variables hídricas para apoyar y evaluar el estado de conservación del sistema agua-suelo-bosque en micro-cuencas, con y sin acciones de conservación. Para lograr dicho objetivo es necesario la instalación y puesta en marcha de una de estación hidro-termo-pluviométrica.

La estación hidro-termo-pluviométrica está compuesta por sensores de temperatura y un pluviómetro de auto-sifonamiento los cuales intervienen de diferente manera en la obtención de información hidroagrícola y/o forestal.

El pluviómetro es un aparato que va registrando y mide continuamente a través del tiempo, la cantidad de lluvia precipitada.

Esto permite obtener también la intensidad de la lluvia, que es un dato importante para varios estudios agronómicos, hidrológicos, y de conservación y erosión de suelos, etc.

La estación hidro-termo pluviométrica en su parte térmica realiza cálculos de determinadas medidas de temperatura.

I.6.1 Consideraciones para calcular el escurrimiento

La información de la estación climatológica que se consideró para el periodo de retorno fue la no. 15276 San José del Contadero, tiene 13 años de información completa, y es la que se encuentra cerca de la cuenca de estudio. La información que se utilizó para calcular el escurrimiento fue la lluvia máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años, y le corresponde un valor $i = 65.4$ mm de lluvia.

En cuanto al valor de coeficiente de escurrimiento para aplicarlo en la ecuación, se determinó en 0.15 debido a que la cubierta vegetal de bosque es de aproximadamente 80% y además en la superficie del suelo presenta mantillo que protege al suelo y facilita la infiltración, sin embargo, se encuentra en pendientes que superan el 15%.

I.6.2 Ubicación

La cuenca de tipo exorreica en estudio, se ubica al norte del nevado de Toluca ceca del Parque Ecológico Ejidal Cacalomacán delimitada por el parte aguas con las siguientes coordenadas geográficas.

Vértice	LAT	LNG	SUP_HAS
1	19.20171	-99.74570	4.05800
2	19.20138	-99.74559	4.05800
3	19.20120	-99.74516	4.05800
4	19.20130	-99.74416	4.05800
5	19.20050	-99.74431	4.05800

6	19.20016	-99.74455	4.05800
7	19.20004	-99.74613	4.05800
8	19.20031	-99.74675	4.05800
9	19.20096	-99.74696	4.05800
10	19.20180	-99.74667	4.05800
11	19.20171	-99.74570	4.05800

Con ayuda de software se ubicó la cuenca y se determinó su superficie la cual fue de aproximadamente 4 Ha.

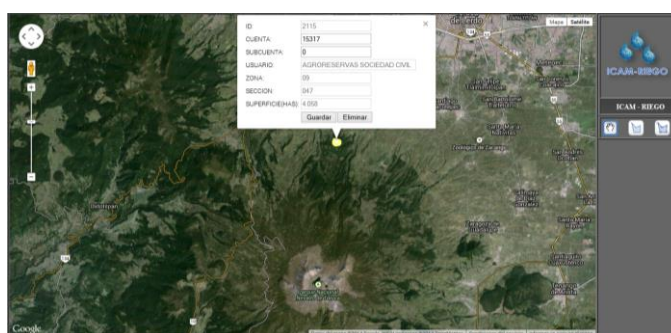


Ilustración I.21 Ubicación del sitio de estudio georeferenciado

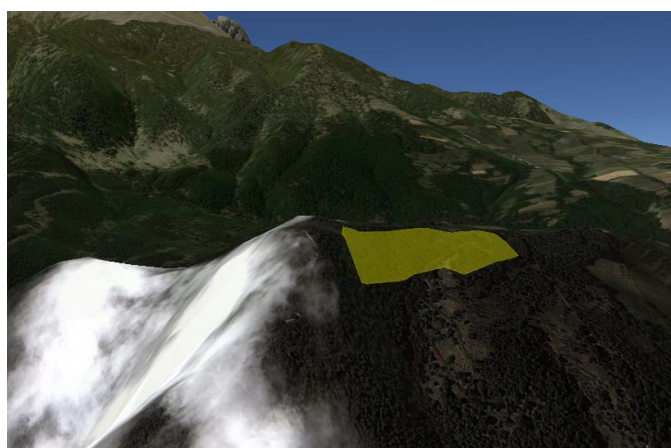


Ilustración I.22 Dimensión del sitio

I.6.3 Recorrido en campo

Se hicieron recorridos en campo para determinar la corriente principal y seleccionar el lugar que tenga las características óptimas para la instalación de

la estación hidro-termo-pluviométrica, en esta ubicación se instalará un aforador de garganta larga para medir el escurrimiento de la cuenca en estudio.



Reconocimiento del lugar



Asignación del lugar para instalar



Elección del lugar



Sitio seleccionado

Ilustración I.23. Recorrido de campo y selección del sitio para la instalación del Hidrotermoplúviómetro.

Este aforador se diseñó con ayuda del software Winflume, con los datos de escurrimientos máximos para un periodo de retorno de 10 años.

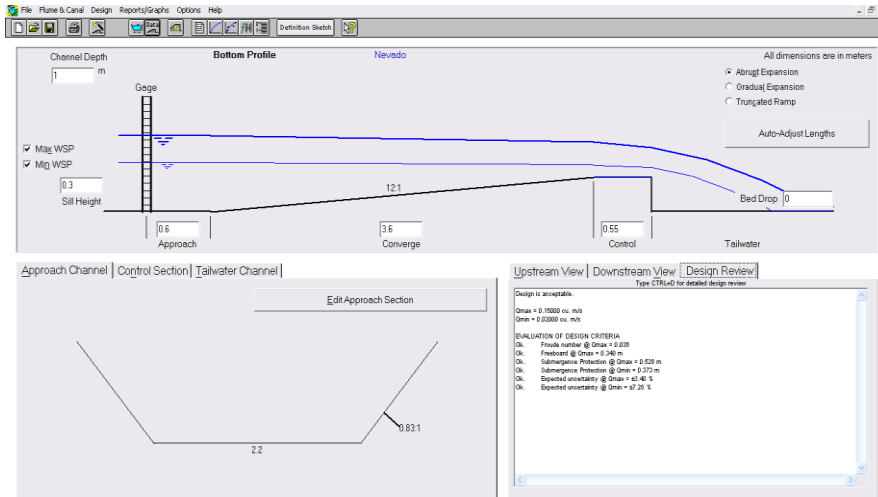


Ilustración I.24. Determinación del caudal Máximo

En las siguientes figuras se muestran las secciones del canal o tramo a revestir para la construcción del aforador de garganta larga

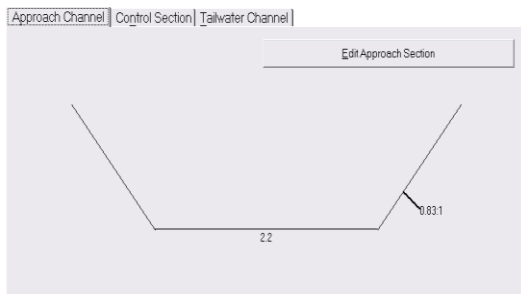


Ilustración I.25. Sección aguas arriba

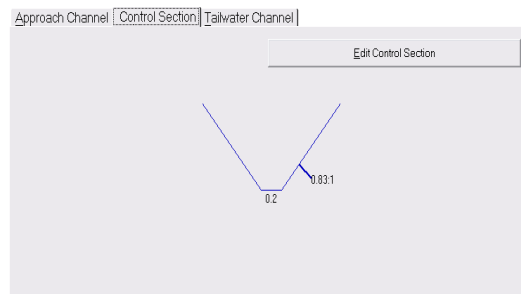


Ilustración I.26. Sección de control

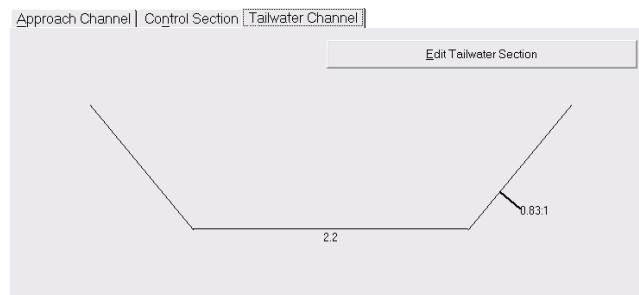


Ilustración I.27. Sección aguas abajo

Las siguientes figuras muestran el aforador visto de aguas arriba y visto de aguas abajo

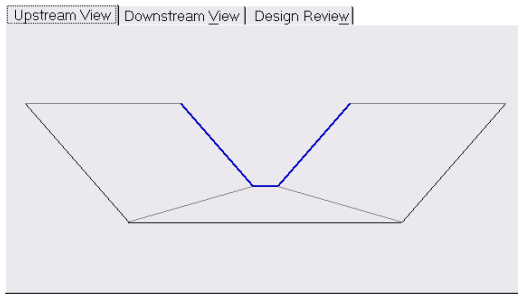


Ilustración I.28. Vista superior del aforador

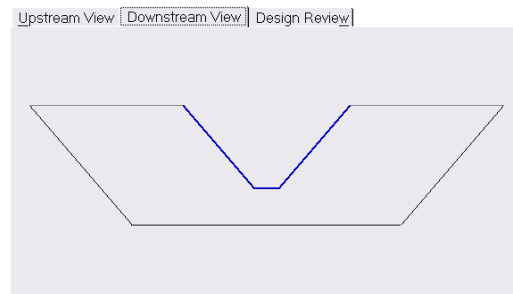


Ilustración I.29. Vista inferior del aforador

La siguiente ilustración muestra los datos de diseño utilizados como son gasto mínimo y máximo, entre otros

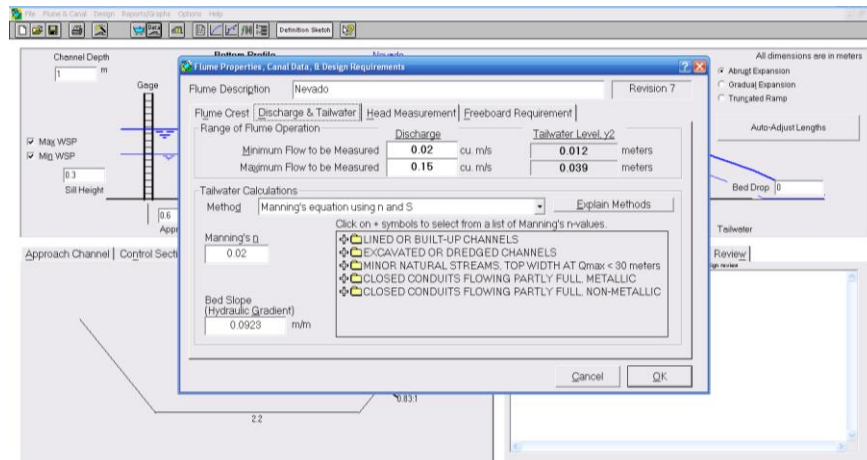


Ilustración I.30. Datos de escurrimiento utilizados

Con el diseño aceptable se genera una ecuación para calcular el escurrimiento a través del aforador. Las ilustraciones siguientes muestran la ecuación de gasto de tipo potencial y la curva de ésta.

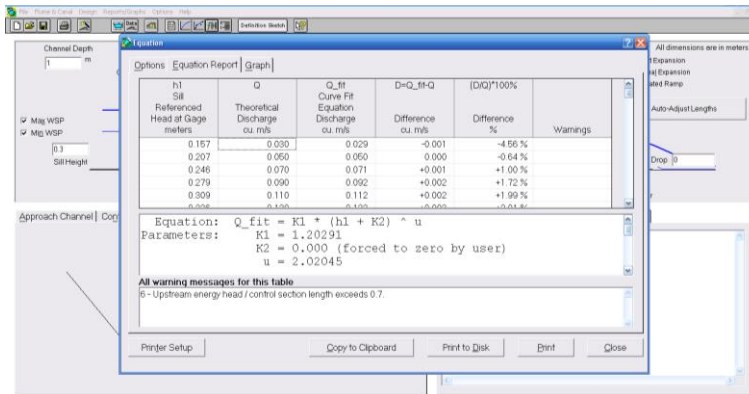


Ilustración I.31. Ecuación de gasto

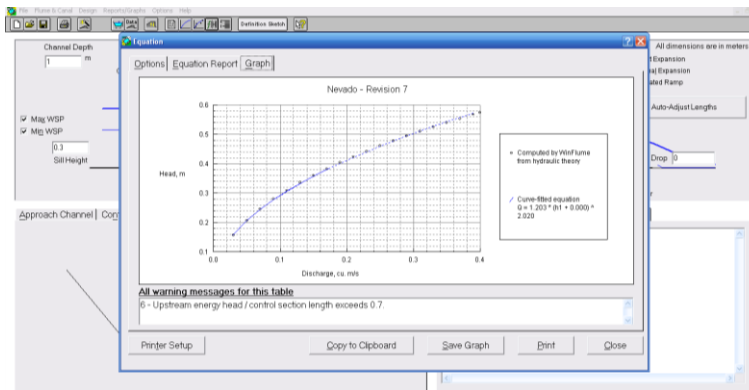


Ilustración I.32. Curva de ecuación de gasto

Por último se muestra el plano del aforador en AutoCad y el aforador de garganta larga

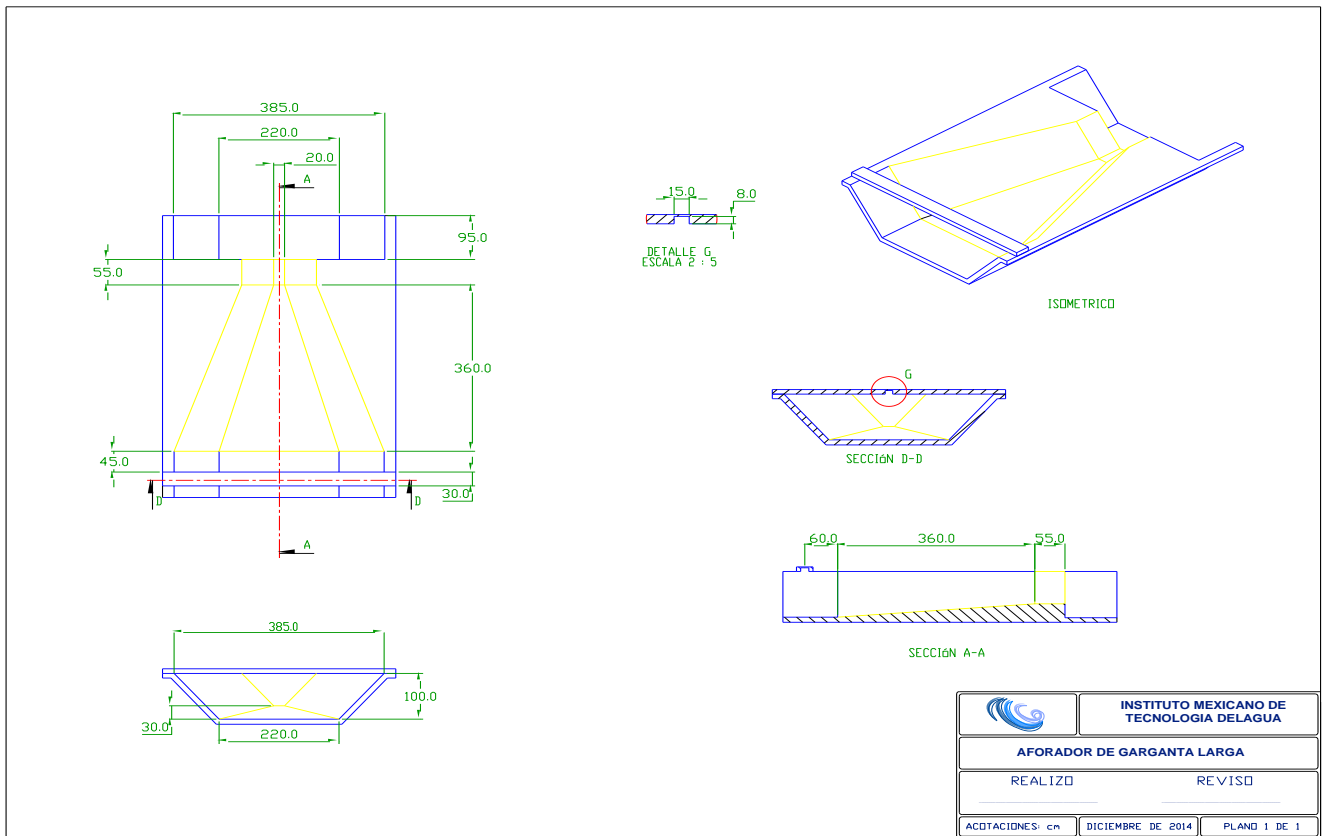
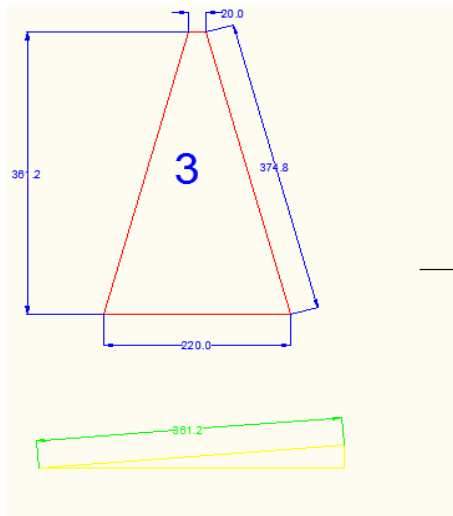
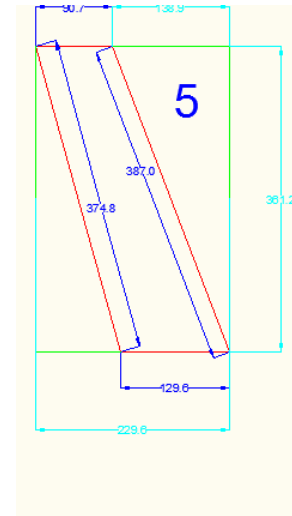


Ilustración I.33.Plano de aforador

I.6.4 Despiece de aforador



Rampa de entrada



Laterales

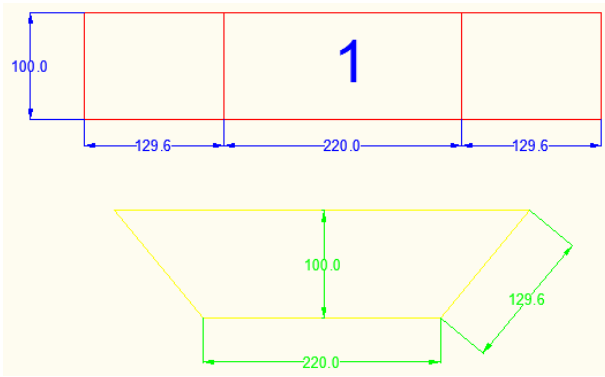


Ilustración I.34 Aguas abajo

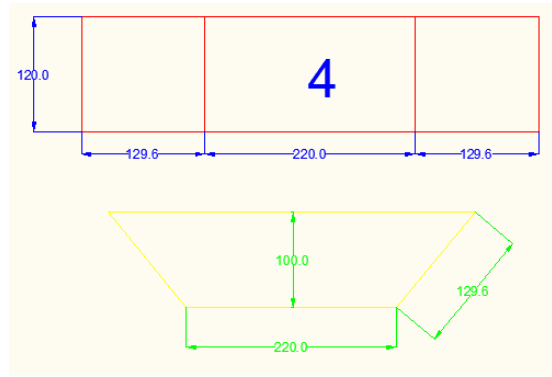
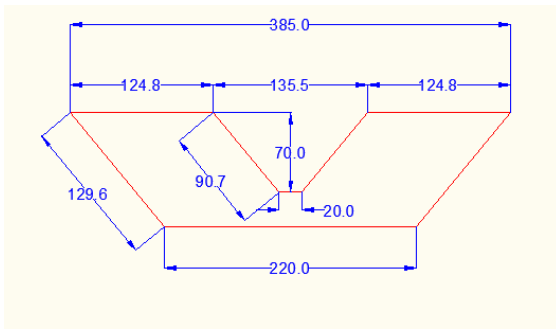
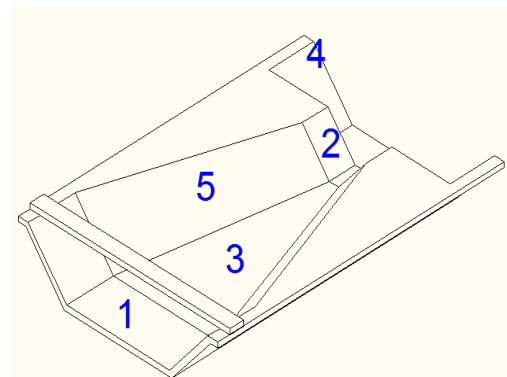


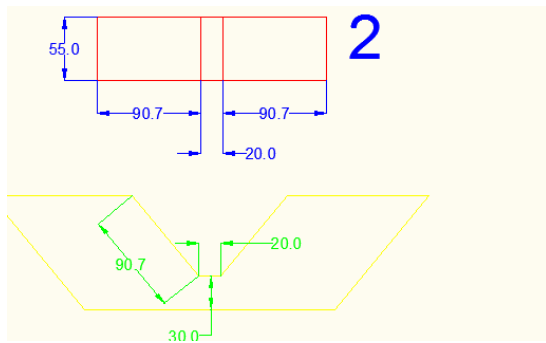
Ilustración I.35 Aguas arriba



Tapa aguas abajo



Aforador



Sección de control

Ilustración I.36 Planos de diseño del aforador de garganta larga.

Se realizan los respectivos cortes para el ensamble del aforador en campo, ya que se complica para el traslado, cada corte de las piezas son específicas al plano antes mostrado, estas mismas se trasladan al lugar de la instalación y realizar el acoplamiento de piezas.

I.7 .Prototipo de aforador e instalación final en campo

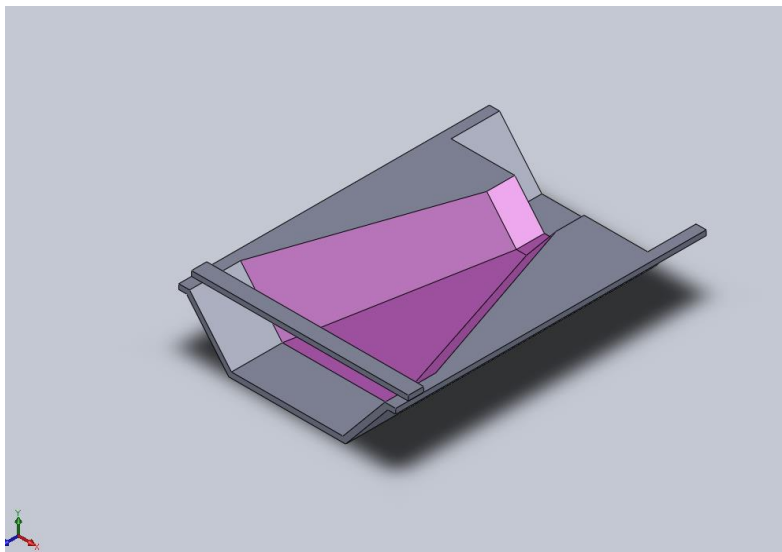


Ilustración I.37 Prototipo del Aforador de garganta larga

I.7.1 Descripción hidrotermo-pluviómetro

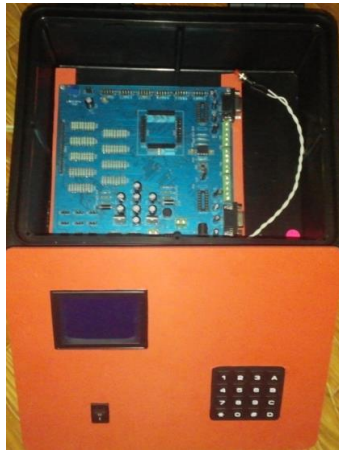
El Hidro-termo-pluviómetro, está conformado por un medidor ultrasónico de nivel dúo para canales, que puede ser programado tanto para la medición de la precipitación, medición de nivel en (mm) o como para aplicaciones de flujo, las aplicaciones incluyen vertedores o aforadores de garganta larga trabajando a descarga libre, cuenta con telemetría, con la cual se pueden hacer consultas en tiempo real a través de mensajes de texto (GSM) y envíos de correos electrónicos cada hora (conexión vía GPRS, 20-25 datos aproximadamente), el medidor ultrasónico de nivel dúo, tiene una pantalla GLCD iluminada, teclado numérico para programación, lector de tarjetas SD para almacenamiento de la información, botón de encendido/apagado, sensor de temperatura DS18B20, sensor ultrasónico SRF05 dentro de cubierta de Nylacero, comunicación RS-232, SPI y salidas digitales para comunicación con sensores y periféricos.

El medidor ultrasónico de nivel dúo puede utilizarse en medición de flujo en canales abiertos, nivel de tanques de agua, cárcamos de bombeo hasta 4m máximo.

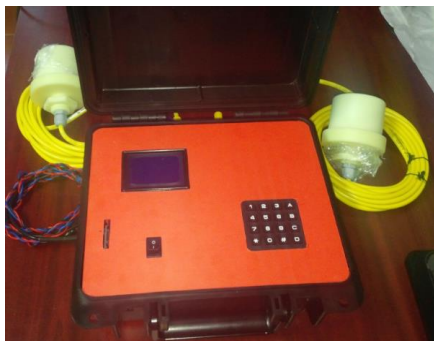
Especificaciones técnicas para la construcción del Hidrotermo-pluviómetro:

- ✓ Estuche Hermético SE300F a prueba de polvo y agua

- ✓ 2 Sensores ultrasónicos SRF05 (apertura cono de medición 70°) 5v de alimentación.
- ✓ 1 Sensor de temperatura DS18B20 impermeable a prueba de humedad, fuente de alimentación 3.0 - 5.5V; Resolución 9 - 12 bits ajustable, rango de temperatura -55°C – 125°C, interfaz único solo un bus, pin de salida: Red (VCC), amarillo (DATA), verde (GND).
- ✓ Corrección por temperatura
- ✓ Resolución 1mm
- ✓ Precisión ± 2 mm
- ✓ Fácil calibración en campo (si lo requiere)
- ✓ Pantalla GLCD de 8 renglones para lectura de tirante, gasto, temperatura, fecha y hora
- ✓ Aditamento para envío de mensajes de texto (SMS)
- ✓ Aditamento para envío de correo electrónicos
- ✓ Teclado numérico matricial 4x4 para programación
- ✓ Lector de memoria Micro SD para almacenamiento de datos
- ✓ Alimentación 9-15Vmax
- ✓ 1 Cable para sensor 889D-F5AC-5 de 5 metros ALLEN BRADLEY
- ✓ 1 Cable para sensor 889D-F5AC-15 de 15 metros ALLEN BRADLEY
- ✓ Conector macho para cable 889D-F5AC ALLEN BRADLEY
- ✓ Microprocesador de 8bits
- ✓ Auto reset (en caso de falla o ciclado)
- ✓ Inicio automático del proceso (según lo requiera)
- ✓ Alerta de Falla en almacén de datos o funcionamiento del sensor ultrasónico.



Parte inferior de equipo



Equipo listo para instalación



Equipo con dos sensores respectivos.

Ilustración I.38 Ensamble de medidor ultrasónico DUO.

I.7.2 El pluviómetro

El pluviómetro es un instrumento que se emplea en las estaciones meteorológicas para la recogida y medición de la precipitación.

La cantidad de agua caída se expresa en milímetros de altura. El diseño básico de un pluviómetro consiste en una abertura superior (de área conocida) de entrada de agua al recipiente, que luego es dirigida a través de un embudo hacia un colector donde se recoge y puede medirse visualmente con una regla graduada o mediante el peso del agua depositada. Normalmente la lectura se realiza cada 12 horas.

Un pluviómetro es un aparato que sirve para medir la cantidad de precipitación caída durante un cierto tiempo. La idea base de este dispositivo descansa en el hecho de que la lluvia se mide por la cantidad de milímetros que alcanzaría el agua en un suelo perfectamente horizontal, que no tuviera ningún tipo de filtración o pérdida. Se han ideado infinidad de artilugios para este cometido, pero con el fin de hacer las medidas uniformes, la OMM (Organización

Meteorológica Mundial) recomienda una serie de normas destinadas a que las medidas, por una parte, tengan la adecuada precisión y por otra, sean capaces de evitar múltiples errores que harían inviables y absurdas las medidas.

Generalmente, se fabrican en chapa de metales diversos, cortando y plegando laminas cuyas superficies y aristas hay que dar forma, remachar, soldar, etc. Tanto es así que los contornos a unir mediante soldaduras suman más de 190 centímetros, lo que requiere una laboriosa y costosa mano de obra.

El más común, por su economía, suele ser la chapa de hierro, pero para que dé aceptables resultados deberá ser sometido a galvanizado una vez confeccionados los vasos.

El acero inoxidable da buenos resultados, por su resistencia a la corrosión, aunque no es posible hacer generalizaciones por la extensa variedad de aceros calificados como inoxidable. Es un material caro y en general tiene el inconveniente de que las soldaduras son costosas y difíciles de realizar, aparte de los problemas de las grietas y malos procedimientos de soldadura que si son oxidables.

El latón es un material magnifico por su extraordinario comportamiento a la intemperie, pero su elevado costo y su relativa blandura le hacen susceptible de múltiples problemas de abolladuras que dificultarían la colocación de los vasos.

El cobre no es tan bueno para intemperie como el latón, pero en cambio tiene todos, o más, de sus inconvenientes.

En cuanto a los vasos, deben ser lo suficientemente profundos para que las gotas que han entrado no salgan al rebotar en el fondo, por lo que éste deberá tener una adecuada inclinación, con dos misiones, evitar el efecto vertical de rebote y conducir rápidamente el agua caída a un recipiente de boca estrecha llamado vasija, que queda acoplada al terminal del embudo, con lo que todo el agua recogida se conserva así en un recinto perfectamente aislado.

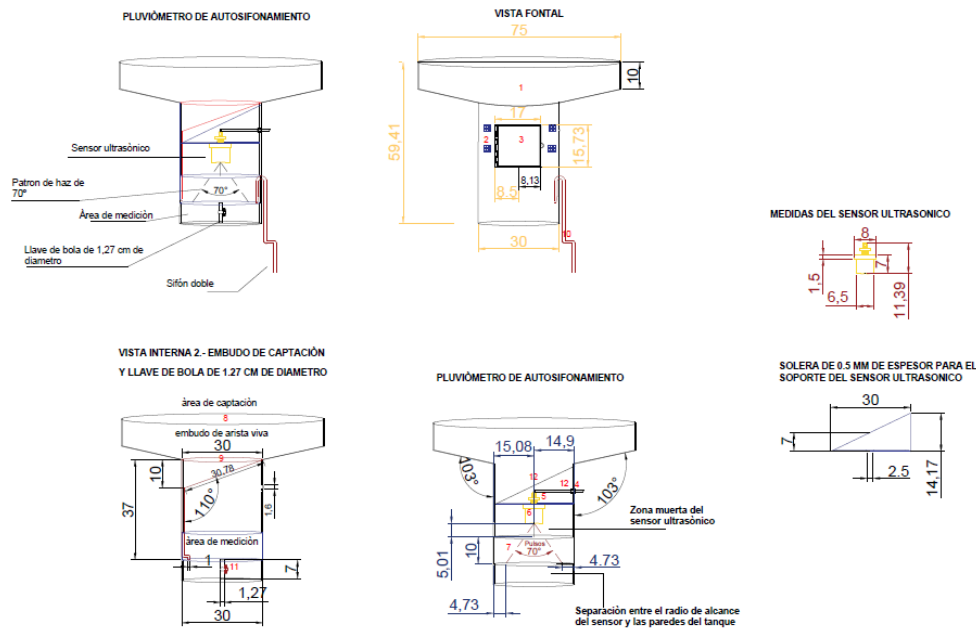
1.7.2.1 Diseño del pluviómetro

La precipitación se define como el resultado líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o del aire y se deposita en el suelo, es decir lluvia o granizo. En otras latitudes la nieve, la escarcha, la precipitación de la neblina y el rocío que también hacen parte de éste fenómeno. Es importante conocer éste concepto porque el dispositivo diseñado mide éste efecto natural.

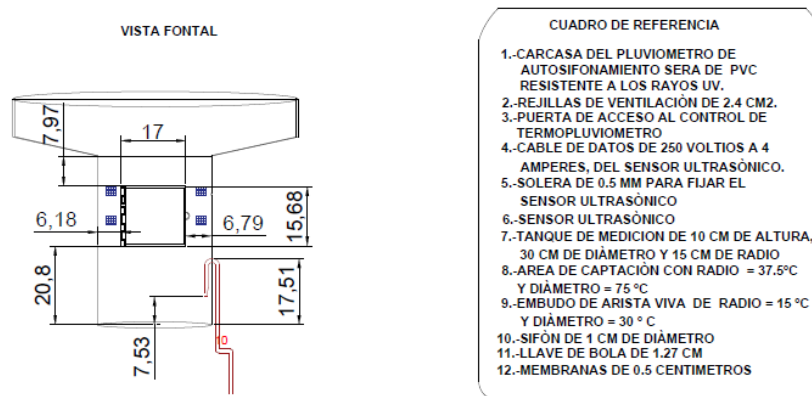
La unidad más comúnmente utilizada para la medición de la precipitación es el milímetro (mm) y se puede considerar como la altura que alcanza un litro de

agua precipitada en una superficie impermeable de 1m². Adicionalmente, la intensidad de la precipitación se interpreta como la cantidad de agua que se precipita en una unidad de tiempo y normalmente se expresa en milímetros por hora (mm/h), excepto para las precipitaciones muy intensas las cuales se expresan en milímetros por minuto (mm/min).

Para diseñar el pluviómetro de autosifonamiento, se tomaron en cuenta las siguientes características técnicas:



Diseño de pluviómetro

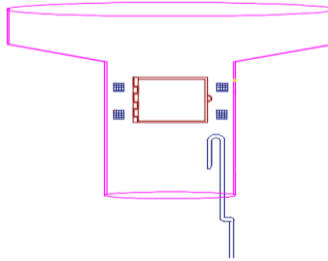


Plano de diseño de Pluviómetro

El área superficial para captura de lluvia es $A_{capt} = \pi r_{capt}^2$, las gotas entran por el área de captación a una velocidad vertical equivalente a una determinada lámina (en milímetros) originando una unidad de tiempo de tal manera que $Intencidad(t) = (mm/s)$, esta precipitación es depositada a través de un embudo de arista viva que evita pérdidas de agua por salpicadura, en el cilindro (área) de medición $A_{med} = \pi r_{med}^2$, Como se observa a

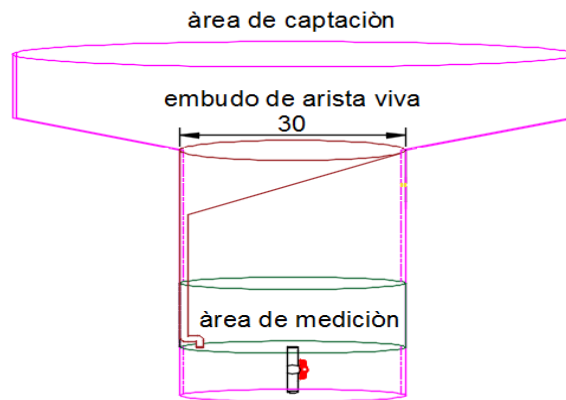
continuación

PLUVIÓMETRO DE AUTOSIFONAMIENTO



El llenado del tanque de almacenamiento se realiza por medio del embudo, este dirige al agua hasta el cilindro de medición, el vaciado del tanque se realiza por un sifón, el cual cumple con el proceso de autosifonamiento.

PLUVIÓMETRO DE AUTOSIFONAMIENTO



Vista lateral, pluviómetro

Ilustración I.39. Planos de diseño del Pluviómetro.

En el vaso colector del pluviómetro de autosifonamiento tiene un área de 75 cm², el embudo tiene un área de 30 cm² al igual que el cilindro de medición.

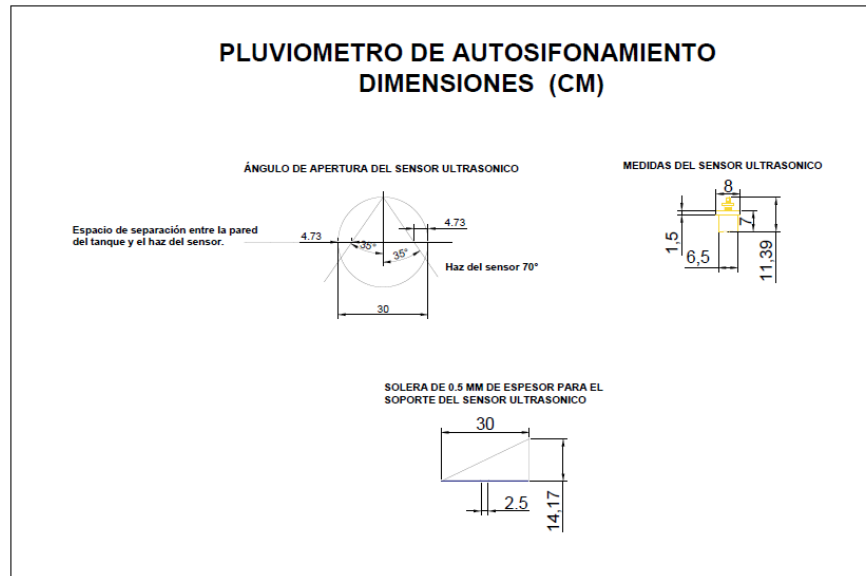


Ilustración I.41. Plano de dimensiones del Pluviómetro de autosifonamiento.

I.7.3 Diseño de estructura de acero para termometría

ESTACIÓN TERMOPLUVIOMETRICA

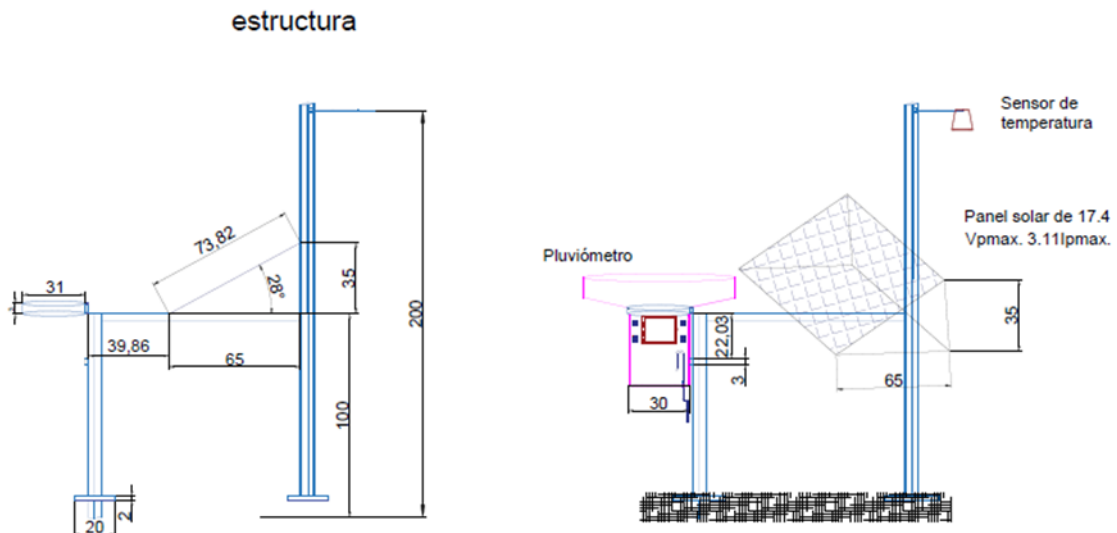


Ilustración I.42. Plano de diseño de estructura de acero para montar dispositivo termopluviométrico.

A continuación se muestra la relación de radios y áreas donde se determinó que el área de colección debe ser 2 veces mayor que área de medición. Esta tecnología permite estimar los datos de la precipitación en tiempo real, cumpliendo con la condición de una lámina precipitada de 2.5 mm como se observa en las siguientes ilustraciones:

RADIOS Y AREAS UNID. CM.		AREAS UNID. CEM.		CONDICIÓN DE LAMINA PRECIPITADA EN MM			
R1 (capt)	37.5	A1 = A capt	4417.864669	A1/A2	R1/R2	A2/A1	R2/R1
R2 (med)	15	A2 = A med	706.8583471	6.25	2.5	0.16	0.4
A1 (cap)	75	A1/A2	6.25	CUMPLIENDO LA COND. LAM. PRECIPITADA DE			2.5
A2 (med)	30	π	3.141592654				
POSIBLES RADIOS	AREA DE CAPTACION			AREA DE MEDICION			
R1	H1 (cm)	A1	V1 (mililitros)	A2	A1/A2	H2 (cm)	V2 (mililitros)
34	1	3631.681108	3631.681108	706.8583471	5.137777778	5.137777778	3631.681108
35	1	3848.451001	3848.451001	706.8583471	5.444444444	5.444444444	3848.451001
36	1	4071.504079	4071.504079	706.8583471	5.76	5.76	4071.504079
37	1	4300.840343	4300.840343	706.8583471	6.084444444	6.084444444	4300.840343
37.5	1	4417.864669	4417.864669	706.8583471	6.25	6.25	4417.864669
38	1	4536.459792	4536.459792	706.8583471	6.417777778	6.417777778	4536.459792
39	1	4778.362426	4778.362426	706.8583471	6.76	6.76	4778.362426
40	1	5026.548246	5026.548246	706.8583471	7.111111111	7.111111111	5026.548246
37.5	1	4417.864669	4417.864669	706.8583471	6.25	6.25	4417.864669

Ilustración I.43. Datos de precipitación según radios y áreas.

RELACION DE AREAS Y RADIOS			
R1/R2	(A1/A2)/(R1/R2)	LAM. CAP.	LAM. MED.
2.266666667	2.266666667	0.194636678	1
2.333333333	2.333333333	0.183673469	1
2.4	2.4	0.173611111	1
2.466666667	2.466666667	0.164353543	1
2.5	2.5	0.16	1
2.533333333	2.533333333	0.155817175	1
2.6	2.6	0.147928994	1
2.666666667	2.666666667	0.140625	1

Ilustración I.44 Relación de áreas y radios.

Donde:

A1 = área de captación

A2 = área de medición

R1 = radio de captación

R2 = radio de medición

H1 = altura de la lamina de precipitación de en el área de captación

H2 = altura de la lamina de precipitación de en el área de medición

Por lo tanto: $(A1/A2) : (A2/A1)$, es la relación que existe entre el área de captación y de medición, esta relación nos sirve para saber a cuanto equivale un mm de lluvia entre las áreas antes descritas de acuerdo al cuadro de arriba; por ejemplo en el radio:

$$R1 = 37.5 \text{ cm}$$

$$1\text{mm precipitación en área de captación} = 6.25 \text{ mm}$$

$$1\text{mm precipitación en área de medición} = 0.16 \text{ mm}$$

Esto quiere decir que cuando en el área de captación caen 0.16 mm, el área de medición donde se encuentra el sensor ultrasónico registrara 1mm de precipitación.

El vaciado de autosifonamiento se lleva a cabo cuando el cilindro de almacenamiento llega a una altura máxima en milímetros (Hm) de 100 mm, el tiempo de vaciado se logra en 1 minuto, siempre y cuando la altura 2 (H2) sea mayor que la altura 1 (H1).

La ilustración siguiente representa el vaciado del cilindro de medición con respecto al tiempo, de igual manera depende del espesor del tubo o/y manguera del sifón en este caso se usará un tubo de cobre de 1cm de diámetro.

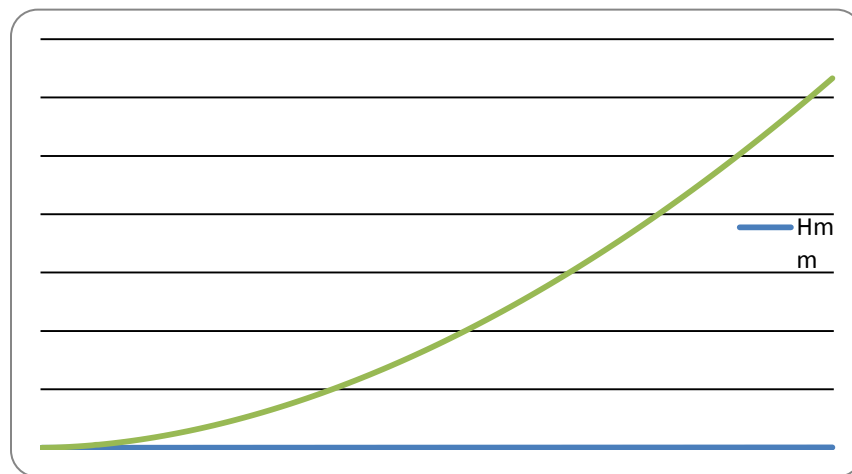
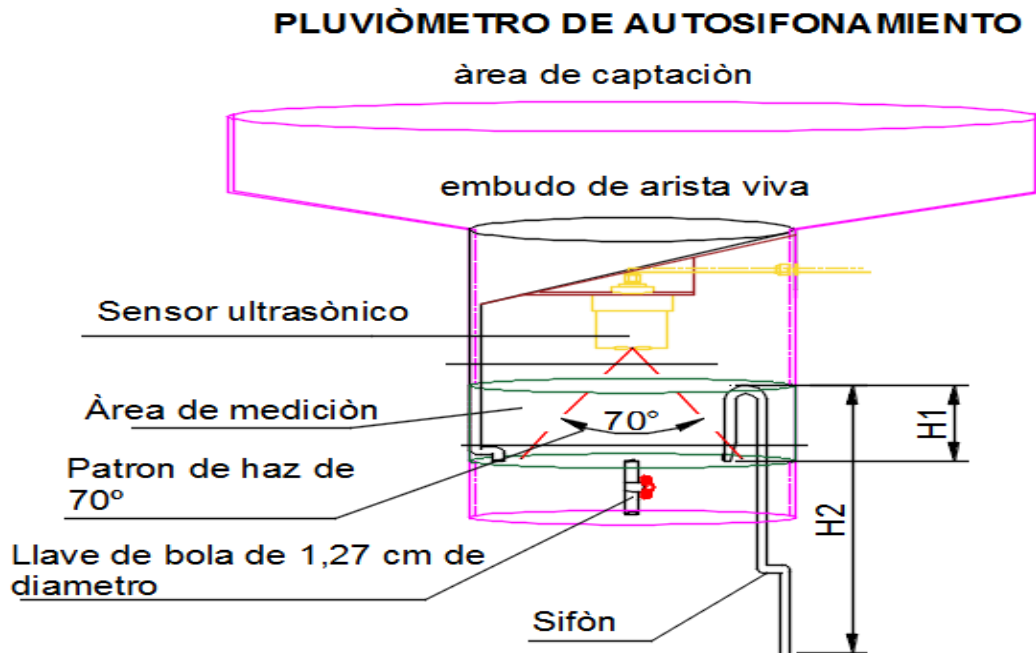


Ilustración I.45. Gráfica de datos



Ilustraciòn I.46. Pluviòmetro de autosifonamiento y sensor ultrasònic

La forma de "U" invertida del sifòn de ramas desiguales, con uno de sus extremos sumergido en el dentro del cilindro, asciende por el tubo a mayor altura que su superficie, desaguando por el otro extremo.

1.7.4 Diseño de energí solar y almacenamiento de energí

El dispositivo fue planeado para que funcionara con energí alterna (solar) y que ademàs permitiera el almacenamiento de energí con la adaptaciòn de dispositivos.

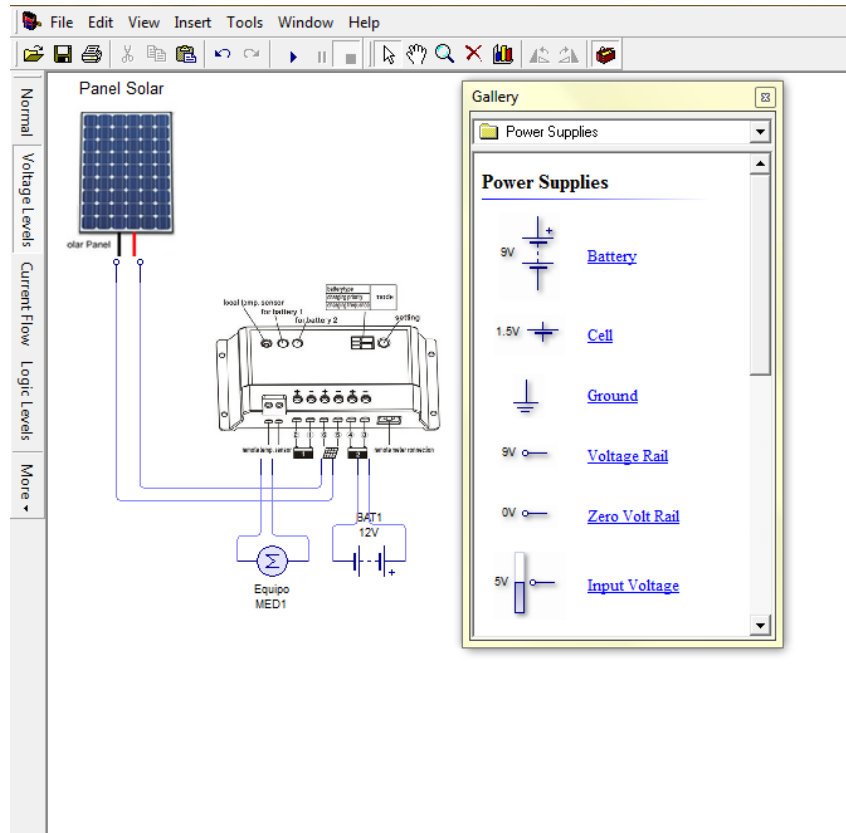


Ilustración I.47 Conexión de panel solar, batería y controlador mas equipo

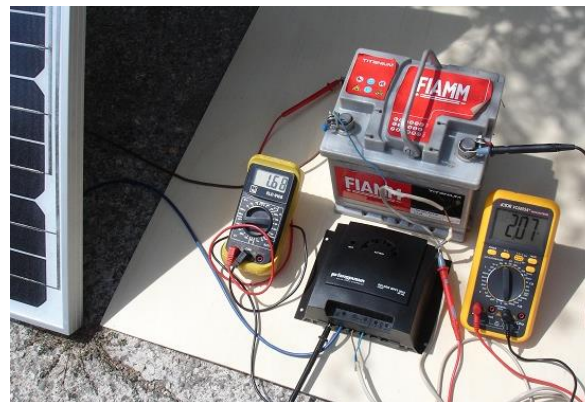


Ilustración I.48 Pruebas de voltaje y corriente

I.8 Elaboración de aforador y estacion hidro-termopluviometrica

Para la elaboración del aforador a garganta larga con las medidas contempladas anteriormente se realizaron de placa al carbón, ya que es una placa muy resistente y tolera demasiado las condiciones climatológicas en donde se pretende instalar. La placa al carbono es laminada utilizando ya sea planchas de acero de vaciado continuo o lingotes para satisfacer las especificaciones y/o los requerimientos de composición química del cliente.

El producto está disponible en condición “de laminado” o tratado térmicamente en dimensiones maestras, o cortado a la medida para lograr un perfil de parte determinado, la placa al carbono se vende por peso teórico.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Especificacion: ASTM, ASME, CSA, ABS, API, Lloyds, DNV
- Grado: A36, A283, A572 (grados 42, 50, 60, 65), A656 (grados 50, 60, 70, 80), 100XF
38W/260W, 44W/300W, 50W/350W, 60W/400W
38WT/260WT, 44WT/300WT, 50WT/350WT, 60WT/400WT
A588, A709-36/36W/36WT/36WF, A709-50/50W/50WT/50WF,
A709-HPS70W, Corten
50A/350A, 50AT/350AT
A 131 (grado A, B, AH, DH, EH), ABS / Lloyds / DNV - Varios
Grados/Calidades
A516 (grados 55, 60, 65, 70) Rolado y Normalizado, A 285- C , A
414G, A455
ASTM A514 - Varios Grados/Calidades, AR200, AR 235, AR400F,
AR450F, AR500
MIL-A-12560, MIL-A-46100, MIL-DTL-46177C
1010, 1020, 1045, 4130, 4140
C-33 Maximo, Placa secundaria y laminación defectuosa sin acabar
- Espesor: 3/16" a 24"
- Ancho: 72" a 154"
- Puntos de interés especial: La placa que se utiliza principalmente cuando es en hoja completa es de planchón.
- • La placa cuando se comercializa en recortes se puede utilizar de rollo en la cual el efecto memoria no es tan importante.

La placa se comercializa principalmente en ASTM A36 y salvo especificación ASTM A 500, en espesores que van desde 3/16 hasta 2" principalmente en

anchos de 6 pies y en algunas medidas de 5 pies AHMSA es el único fabricante de placa en México.

La superficie de la placa no está libre de óxido superficial. La placa es usada en aplicaciones estructurales y/o aplicaciones donde la calidad superficial no es importante. Las aplicaciones de la placa son principalmente para la fabricación de tubos, en la industria de la construcción y transformación, entre otras.

Principales medidas:

- ✓ 3/16
- ✓ ¼
- ✓ 5/16
- ✓ 3/8
- ✓ ½

Los cortes se realizaron pieza por pieza según lo muestra en el plano anteriormente para poder trasladar el material y realizar las uniones correspondientes del aforador y estación.

I.8.1 La soldadura

La soldadura es un proceso de unión de materiales, en el cual se funden las superficies de contacto de dos o más partes mediante la aplicación de calor o presión. La integración de las partes que se unen mediante soldadura se llama ensamble soldado.

Muchos procesos de soldadura se obtienen solamente por el calor sin aplicar presión. Otros se obtienen mediante una combinación de calor y presión, y unos únicamente por presión sin aportar calor externo.

En algunos casos se agrega un material de aporte o relleno para facilitar la fusión. La soldadura se asocia con partes metálicas, pero el proceso también se usa para unir plásticos. La soldadura es un proceso importante en la industria por diferentes motivos:

- ✓ Proporciona una unión permanente y las partes soldadas se vuelven una sola unidad.
- ✓ La unión soldada puede ser más fuerte que los materiales originales si se usa un material de relleno que tenga propiedades de resistencia superiores a la de los metales originales y se aplican las técnicas correctas de soldar.
- ✓ La soldadura es la forma más económica de unir componentes. Los métodos alternativos requieren las alteraciones más complejas de las

formas (Ej. Taladrado de orificios y adición de sujetadores: remaches y tuercas). El ensamble mecánico es más pesado que la soldadura.

- ✓ La soldadura no se limita al ambiente de fábrica, se puede realizar en el campo.

Además de las ventajas indicadas, tiene también desventajas:

- ✓ La mayoría de las operaciones de soldadura se hacen manualmente, lo cual implica alto costo de mano de obra. Hay soldaduras especiales y la realizan personas muy calificadas. La soldadura implica el uso de energía y es peligroso.
- ✓ Por ser una unión permanente, no permite un desensamble adecuado. En los casos cuando es necesario mantenimiento en un producto no debe utilizarse la soldadura como método de ensamble.
- ✓ La unión soldada puede tener defectos de calidad que son difíciles de detectar. Estos defectos reducen la resistencia de la unión.

1.8.1.1 Tipos de unión por soldaduras

La soldadura produce una conexión sólida entre dos partes llamadas unión por soldadura, hay cinco tipos básicos de uniones:

- ✓ Unión Empalmada

En este tipo de unión las partes se encuentran en el mismo plano y se unen sus bordes.

- ✓ Unión de Esquina

Las partes en este tipo de unión forman un ángulo recto y se unen en la esquina del ángulo.

- ✓ Unión Superpuesta

Esta unión consiste en dos partes que se sobreponen.

- ✓ Unión en “T”

Una parte es perpendicular a la otra forma de la letra “T”

- ✓ Unión de Bordes

La unión se hace en el borde común

1.8.1.2 Tipos de soldadura

- ✓ Soldadura por Fusión
- ✓ Soldadura de Estado Sólido

SOLDADURA POR FUSIÓN

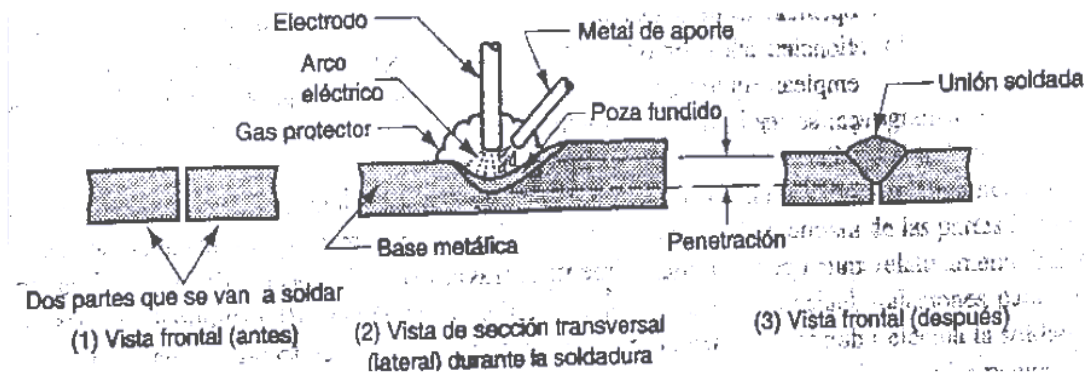
Este tipo de soldadura usa calor para fundir los metales base. En muchos casos se añade un metal de aporte a la combinación fundida para facilitar el proceso y aportan volumen y resistencia a la unión soldada.

La operación de soldadura por fusión en la cual no se añade un metal de aporte se llama soldadura autógena.

La soldadura por fusión incluye los siguientes grupos:

-Soldadura con Arco Eléctrico

El calentamiento de los metales se obtiene mediante el arco eléctrico.



Tipos de soldadura

-Soldadura por Resistencia

La fusión se obtiene usando el calor de una resistencia eléctrica para el flujo de una corriente que pasa entre superficies de contacto de las partes sostenidas juntas bajo presión.

-Soldadura con Oxígeno y Gas Combustible

Este tipo de soldadura usa gas de oxígeno combustible tal como una mezcla de oxígeno y acetileno con el propósito de producir una flama caliente para fundir la base metálica y el material de aporte (cuando se utiliza).

I.9 Cortes y armado del aforador



Placas de acero al carbón



Cortes de placa de acero



Pulido de placa

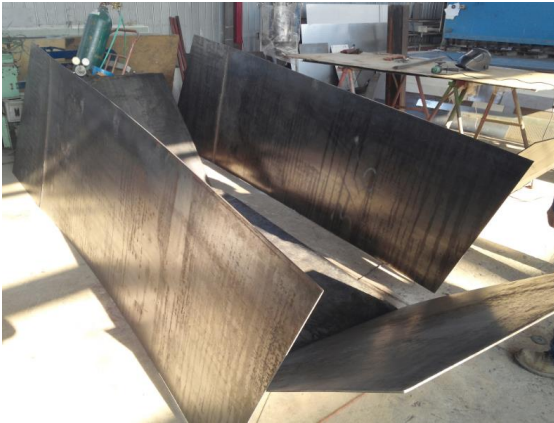


Soldando cortes de placa



Diferentes piezas de aforador





Aforador en piezas individuales

Aforador para pintar e instalar

Ilustración I.49 Proceso de corte de placas y ensamblado de piezas del Aforador de garganta larga

I.9.1 Traslado de piezas para aforador de garganta larga

El traslado del material correspondiente se realizó bajo supervisión para evitar cualquier percance o golpes en la estructura.



Piezas en traslado



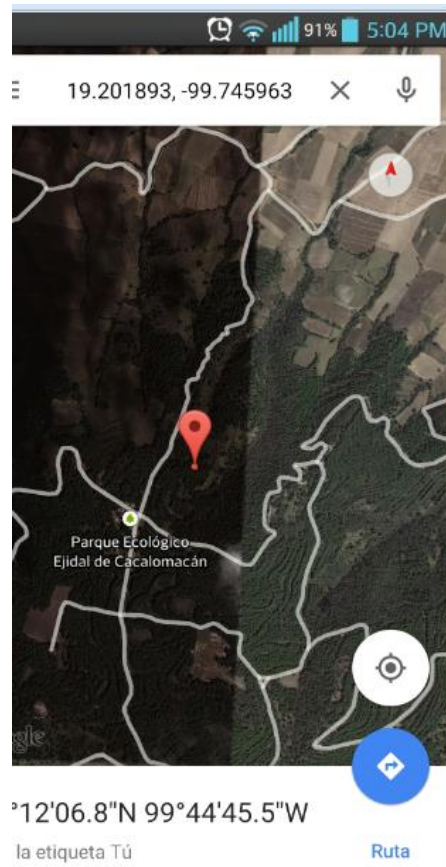
Traslado de aforador



Ilustración I.0.50. Proceso de transporte y traslado de piezas del aforador para su instalación en sitio.

Las piezas fueron trasladadas al lugar de instalación, en este caso en el Nevado de Toluca en el parque ecológico de Cacalomacán, sitio pre seleccionado para la instalación del aforador y estación hidro-termo-pluviométrica.

I.9.2 Coordenadas de instalación de estación y aforador









Colocación de piezas de aforador



Trasladando piezas

Ilustración I.51 Proceso de llegada del aforador e instalación en sitio seleccionado para su operación.

I.9.3 Nivelación de sección e instalación de aforador

Para la instalación del aforador de garganta larga, fue necesario trasladar cada una de las piezas del aforador al lugar indicado de instalación, lo cual bajo supervisión se ensambló cada pieza según mostraba el plano del diseño, tomando muy en cuenta el nivel de cada una de las piezas. Se realizó de esta manera para no alterar las condiciones de suelo de la zona.

Una vez realizado lo anterior se procede al ensamble correspondiente para después de aplicar su cubrimiento de pintura para evitar un desgaste prematuro.







Ilustración I.52 Proceso de ensamblado y soldado del aforador de garganta larga en el sitio seleccionado.

I.10 Construcción y ensamble de estación hidro-termo-pluviométrica

El pluviómetro fue realizado con el mismo material que el aforador de garganta larga (acero al carbón), respetándose las medidas correspondientes

en el plano mostrado anteriormente, este pluviómetro está diseñado para medir la cantidad de agua de lluvia en mm, además de que cuenta con el autosifonamiento correspondiente.

La estructura de la estación se realiza con material PTR el cual es muy resistente para la aplicación a desarrollar, este material tiene tolerancia uniforme y sus propiedades le permiten tener un mejor comportamiento en la torsión, facilidad para pintar y perforarse





Pluviómetro ensamblado



Estructura de estación



Trasladando estructura para pluviómetro

Ilustración I.53. Proceso de construcción del Pluviómetro y estructura para su montaje.

I.10.1 Instalación en campo de estructura hidro-termopluviométrica.



Ilustración I.54 Proceso de instalación en campo de la estructura y equipo hidrotermopluviométrico.

I.10.2 Instalación de celdas de energía solar, batería de ciclo profundo e instalación de equipo



Colocación de fuente de voltaje



Controlador de carga

Ilustración I.55. Ensamblaje de celdas solares y batería de ciclo profundo.

I.10.3 Instalación de instrumentos de medición de caudal, temperatura y precipitación



Sensor aforador



Sensor ultrasónico para medir nivel



Sensor del pluviómetro



Protección de sensor de temperatura



Sensor de temperatura



Sensor de temperatura instalado

Ilustración I.56. Proceso de ensamblaje de los instrumentos de medición y aditamentos de protección para el sensor de temperatura.

I.10.4. Proceso de instalación y puesta en marcha de la instrumentación.



Aforador instalado en secciones



Aguas arriba instalado



Aforador



Aforador y sensor



Aforador de garganta larga



Estación hidro-termoplumiometrica



Estación instalada

Ilustración I.57. Proceso de ensamblaje y soldado de las secciones del aforador y estación instalada.

El sistema instalado quedó finalmente como se muestra a continuación



Ilustración I.58. Aforador y Estación instalados en el sitio de estudio.

I.11 Seguimiento a las microcuencas Ichupio y Malacate

En las microcuencas Ichupio y Malacate se encuentran instaladas dos estructuras de medición con sensor ultrasónico que monitorean los escurrimientos. La ubicación geográfica en coordenadas UTM de cada equipo es el siguiente:

	Ichupio	Malacate
X	227,407.52	228,493.90
Y	2,173,629.31	2,172,780.54

Las estructuras están equipadas con un aforador de garganta larga y un sistema de monitoreo de nivel, este último por sus características eléctricas requiere de limpieza y supervisión periódica, la cual consiste en la revisión de todos los componentes que lo constituye, como son el panel solar, la batería, el controlador de carga y sensores y el equipo de medición, es decir, se debe proporcionar mantenimiento a los equipos para que siempre funcionen correctamente.

En seguida se presentan las actividades de mantenimiento que se realizaron durante el 2014 a cada uno de los equipos.

I.11.1 Medidor Malacate

En la estructura de medición, es decir, en el aforador de garganta larga se debe estar desazolvando continuamente para lograr mediciones precisas y también para que el agua de escurrimiento fluya libremente, y es que después de cierto número de eventos este se llega a azolvar como se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración I.59. Aforador de garganta larga azolvado en la microcuenca Malacate.

En la siguiente ilustración se presenta el aforador totalmente desazolvado, y ésta es una actividad que se debe realizar de manera periódica en ambos aforadores.



Ilustración I.60. Aforador de garganta larga desazolvado en la microcuenca Malacate.

Durante el año, se realizó limpieza dentro del “registro” o “casita techada” donde están resguardados los sensores y el equipo de medición. Dentro del “registro” se llegaron a encontrar nidos de ratón, los mismos ratones, lagartijas, y otros animales, los cuales se debieron quitar para evitar que afectaran el funcionamiento del equipo.



Ilustración I.61. Nido de ratones que se encontró en el “registro” de la microcuenca Malacate.

Se revisó el voltaje generado por el panel solar, el cual se encontró dentro del rango que el fabricante reporta.

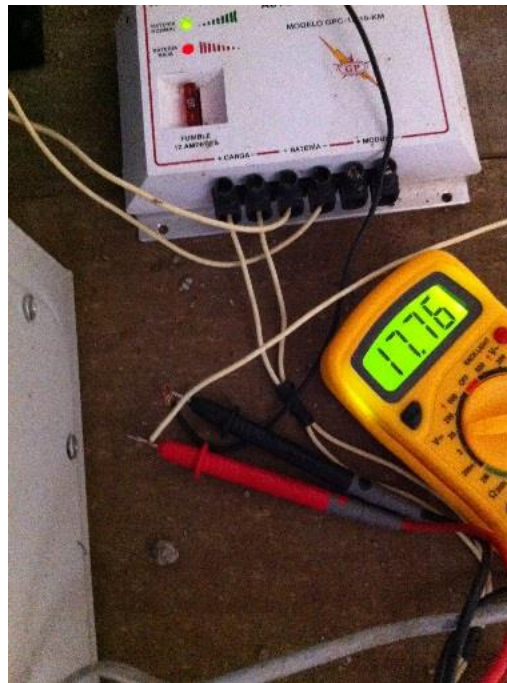


Ilustración I.62. Medición del voltaje generador por el panel solar en la microcuenca Malacate.

Posterior a esto se revisó el controlador de carga, el cual no tuvo ninguna anomalía, los led de funcionamiento no marcaron ninguna falla.



Ilustración I.63. Revisión del controlador de carga en la microcuenca Malacate.

También se verificó que la batería estuviera trabajando de manera normal.

Se revisó el interior de la cubierta de los sensores, que no tuvieran polvo o humedad condensada, además, se realizaron diversas pruebas para verificar el correcto registro del tirante de agua, esto incluye también el hacer las verificaciones de que registrara la información en la tarjeta SD como que también se envíe el mensaje de datos de medición al número de celular que tiene registrado en la configuración.



Ilustración I.64. Revisión del sensor ultrasónico en la microcuenca Malacate.

Al colocar de nuevo el sensor ultrasónico se tuvo cuidado de dejarlo nivelado, para tener lecturas precisas .



Ilustración I.65. Nivelación y acomodo del sensor ultrasónico de la microcuenca Malacate.

En la siguiente ilustración se presenta el equipo medidor con sensor ultrasónico que ha quedado listo para seguir registrando la información una vez que se le dio el mantenimiento adecuado.



Ilustración I.66. Equipo medidor con sensor ultrasónico después del mantenimiento

I.11.2 Medidor Ichupio

En la estructura de medición de la microcuenca Ichupio también se estuvo realizando mantenimiento en el aforador y en el canal de llegada, sobretodo, para tenerlo libre de malezas que afectaran el flujo del escurrimiento. Para este caso, no se tuvieron problemas de azolvamiento debido a que no es frecuente que se presenten escurrimientos superficiales y no llegan sedimentos. En la siguiente ilustración se presenta el aforador limpio de azolves y malezas en el canal de llegada para libre flujo del escurrimiento.



Ilustración I.67. Vista del canal de llegada y aforador sin azolve y limpio de maleza.

También, se realizó limpieza dentro del “registro” o “casita techada” donde son resguardados los equipos. Se llegaron a encontrar ranas y lagartijas como se muestra en la siguiente ilustración; las cuales pueden interferir con el correcto funcionamiento del equipo de medición, ya que estos pueden llegar a atravesarse dentro del cono de medición del sensor ultrasónico causando lecturas incorrectas, ante ello, también se eliminaron y se cubrieron los espacios por donde se metían éstos animales al “registro”.



Ilustración I.68. Rana y lagartija, encontrados dentro del “registro” de la microcuenca Ichupio.

También se revisó el voltaje generado por el panel solar, el cual está dentro del rango que el fabricante reporta.

Posterior a esto se revisaba el controlador de carga, y cuando los led de funcionamiento indicaban batería baja, para darle solución a este detalle, se revisaba el fusible que no estuviera fundido, se desconectaban el panel, la batería y el equipo de medición para resetear el controlador, posterior a esto se colocaba el panel y solo la batería para que fuese cargada sin drenarle energía.

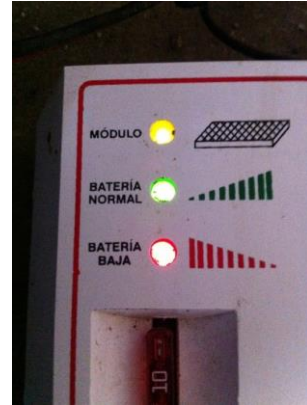


Ilustración I.69. Revisión del controlador de carga de la microcuenca Ichupio.

Cuando se llegó a presentar ese problema, se dejaba cargando la batería por aproximadamente 4 horas y si aun así en el controlador de carga no se borraba el estatus de batería baja, entonces se dejaba funcionando así y posteriormente se cambiaba por un controlador nuevo.

Al verificar que la batería estuviera trabajando de manera normal se notó que las rondanas que permiten la conexión que viene del controlador de carga estaban oxidadas, estas se cambiaron por unas nuevas y finalmente quedaron sin óxido, y de esta manera se evitaban problemas de carga de la batería y de paso de energía hacia el equipo medidor.



Ilustración I.70. Cambio de rondanas oxidadas en la batería de la microcuenca Ichupio.

Se revisó el interior de la cubierta de los sensores y del medidor, que no tuvieran polvo o humedad condensada.



Ilustración I.71. Cambio de rondanas oxidadas en la batería de la microcuenca Ichupio.

Al colocar de nuevo el sensor ultrasónico se puso a nivel para que funcionara de manera correcta y se tuvieran registros adecuados de gasto.



Ilustración I.72. Nivelación y reacomodo del sensor ultrasónico de la microcuenca Ichupio.

Al final, después del mantenimiento se dejaba listo el equipo medidor para registrar los eventos de escurrimiento que se llegaban a presentar.



Ilustración 1.73. Equipo medidor con sensor ultrasónico después del mantenimiento y listo para registrar información en la microcuenca Ichupio.

Recopilación de información de los medidores

Posterior a la limpieza y mantenimiento de los equipos se extraía la memoria SD para recopilar la información registrada desde la última recopilación. La información se recopilaba al menos cada mes. Posteriormente en la oficina se analizaba la información.

Después de la recopilación de información se hacían pruebas en campo como la consulta de información en tiempo real a través de llamada y mensaje de texto al celular registrado en la configuración de cada equipo, al igual que de la telemetría a través de correo electrónico.

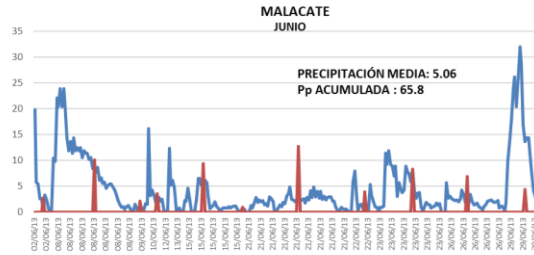
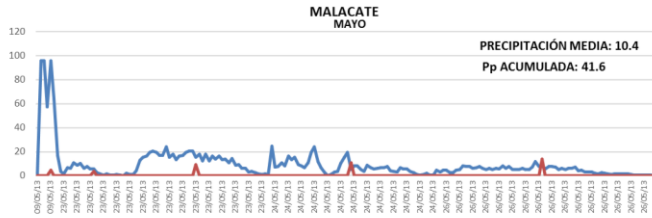


Ilustración I.75.Registro de precipitación diaria

Con el registro de la precipitación (parte pluviómetro de la estación hidro-temo-pluviométrica) se estima el volumen que entra, en términos de lluvia en la microcuenca.

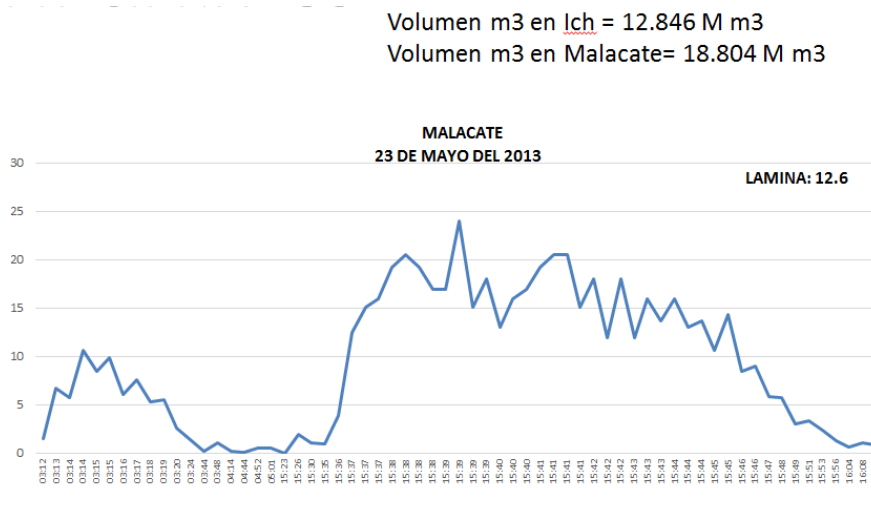
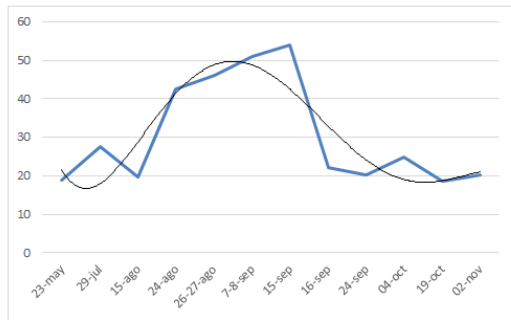


Ilustración I.76. Comparación de volúmenes precipitados

Con el volumen de escurrimiento que pasa sobre la estructura de medición (parte pluviométrica de la estación hidro-temo-pluviométrica)

Registro de volúmenes precipitados por evento

• Malacate

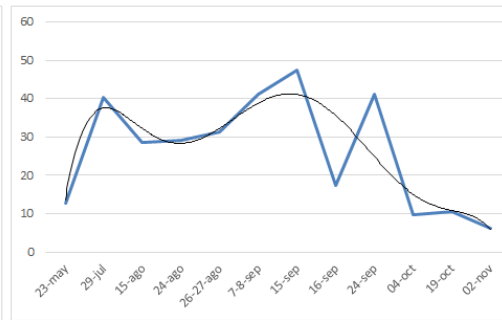


1171.83 Mm³

Volumen precipitado con
eventos de escurrimiento
365.584
Millares de metros cúbicos

46 % de la Pp

• Ichupio



800.51 Mm³

Volumen precipitado con
eventos de escurrimiento
17.34
Millares de metros cúbicos

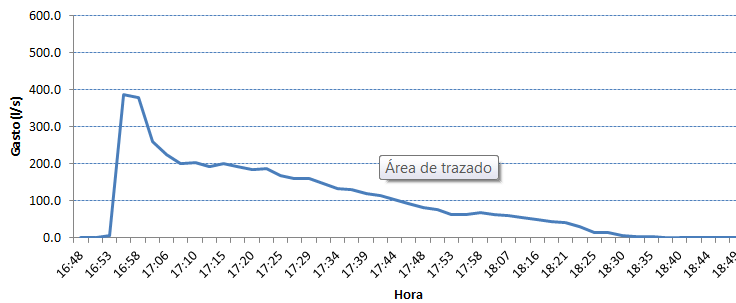
2.16 % de la Pp

0	23-may	18.804	12.846	0
1	29-jul	27.53	40.3	1
1	15-ago	19.57	28.65	1
1	24-ago	42.68	29.16	1
1	26-27-ago	45.97	31.4	1
0	7-8-sep	51.04	41.19	1
0	15-sep	54.02	47.3	1
0	16-sep	22.09	17.34	1
0	24-sep	20.3	41.19	1
0	04-oct	24.77	9.79	1
0	19-oct	18.51	10.6	1
0	02-nov	20.3	6.12	1

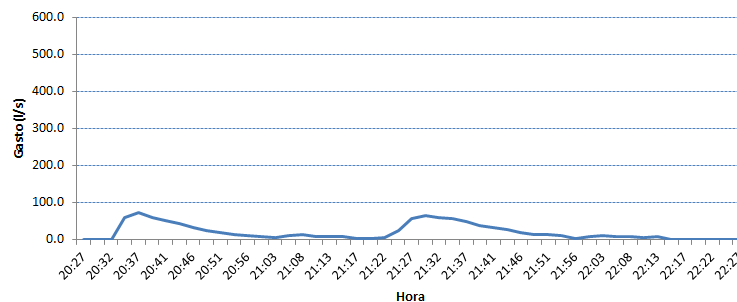
La escorrentía, es la parte hidro de la estación hidro-termo-pluviométrica de la estación.

Registro de caudales escurridos (mayo-noviembre, 2013)

Evento de escurrimiento del 23 de mayo de 2013



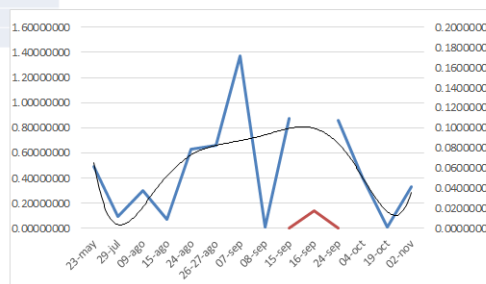
Evento de escurrimiento del 29 de julio de 2013



La integración del caudal en el tiempo es el volumen escurrido o escorrentía.

Resumen de registro de caudales escurridos

FECHA	M3	Mm	SUP	MALACATE	ICHUPIO
				LT/M2	LT/M2
23-may	731.000	0.731	149.240	0.48981473	
29-jul	144.450	0.144	149.240	0.09679040	
09-ago	452.880	0.453	149.240	0.30345752	
15-ago	109.671	0.110	149.240	0.07348633	
24-ago	941.995	0.942	149.240	0.63119472	
26-27-ago	985.780	0.986	149.240	0.66053337	
07-sep	2044.340	2.044	149.240	1.36983382	
08-sep	16.552	0.017	149.240	0.01109086	
15-sep	1302.126	1.302	149.240	0.87250469	0.00000000
16-sep	17.400	0.017	101.950		0.01706719
24-sep	1280.698	1.281	149.240	0.85814661	0.00000000
04-oct	610.454	0.610	149.240	0.40904181	
19-oct	12.728	0.013	149.240	0.00852841	
02-nov	493.241	0.493	149.240	0.33050194	



FECHA	M3	Mm	SUP	MALACATE	ICHUPIO
				LT/M2	LT/M2
23-may	731.000	0.731	149.240	0.48981473	
29-jul	144.450	0.144	149.240	0.09679040	
09-ago	452.880	0.453	149.240	0.30345752	
15-ago	109.671	0.110	149.240	0.07348633	
24-ago	941.995	0.942	149.240	0.63119472	
26-27-ago	985.780	0.986	149.240	0.66053337	
07-sep	2044.340	2.044	149.240	1.36983382	
08-sep	16.552	0.017	149.240	0.01109086	
15-sep	1302.126	1.302	149.240	0.87250469	0.00000000
16-sep	17.400	0.017	101.950		0.01706719
24-sep	1280.698	1.281	149.240	0.85814661	0.00000000
04-oct	610.454	0.610	149.240	0.40904181	
19-oct	12.728	0.013	149.240	0.00852841	
02-nov	493.241	0.493	149.240	0.33050194	

Volumen total de escurrimiento **9143 m³**

99.81 % en Malacate y 0.19 % en Ichupio

Con 1.37 Lt/m² como máximo para Malacate, 1.24% dato del Ichupio del Máximo en Malacate

	Volumen precipitado (M m3)	Superficie (ha)		Volumen de escurrimiento (M m3)		Ve/Vp*100	Ref Vei/Vet (%)
Malacate	1171.83	101.95		9.126		0.78	99.81
Ichupio	800.51	149.24		0.017		0.00	0.19
				9.143			

Ilustración I.77. Comparación de volúmenes escurridos.

En la práctica, el escurrimiento de la microcuenca Ichupio es nulo respecto al volumen precipitado, mientras que para la microcuenca Malacate, el escurrimiento es apenas del orden del 1% del volumen precipitado.

Ambas microcuencas captan mucho del volumen precipitado debido al tipo de suelo (andosol o volcánico).

El volumen de escurrimiento es del 1% del volumen precipitado en la cuenca sin obra de conservación y prácticamente nulo en donde si existe obra de conservación. Ambas cuencas permiten fuertemente la infiltración-percolación del agua al tratarse de suelos volcánicos.

Se ha presentado una metodología para evaluar el impacto de obra de conservación en microcuencas.

La tecnología desarrollada permite medir escorrentía y con dichos datos calibrar modelos hidrológicos de ajuste. El desarrollo tecnológico permite coleccionar en tiempo real las series temporales de variables hidrológicas y se recomienda su uso intensivo.

Este es un ejemplo de uso de información producto de tecnología propia para determinar la relación lluvia-escurrimiento en una microcuenca para valorar el impacto de obras y acciones conservacionistas.

La parte termo de la estación permite determinar el concepto grado-día-crecimiento para apoyar la agricultura de secano y el riego complementario en el trópico húmedo.

Capítulo II. Control y manejo de energía eléctrica de origen renovable

II.1 Controlador de carga inteligente para sistemas fotovoltaicos

Se presenta el desarrollo de tecnología integrada.

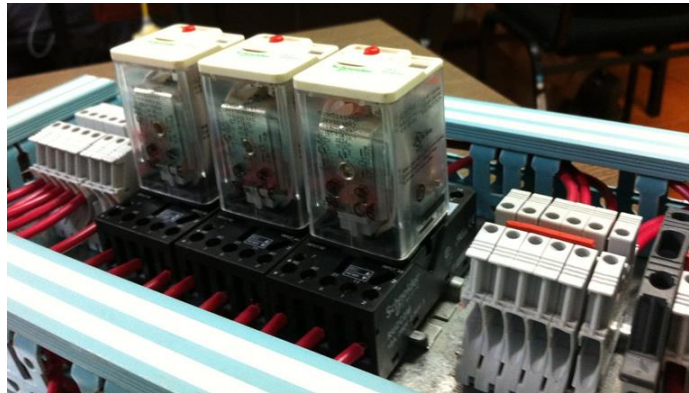


Ilustración II.1 Controlador de carga inteligente.

II.1.2 Introducción

El diseño de este controlador de carga tiene la finalidad de hacer más eficiente el uso del bombeo fotovoltaico, esto debido a que, sabiendo la energía necesaria para mantener funcionando el bombeo en condiciones óptimas, podemos mantenerlo en ese rango de operación el mayor tiempo posible dependiendo de las condiciones atmosféricas o de la radiación disponible en la zona.

Para dicho fin, es necesario estar monitoreando el consumo eléctrico de la bomba, y la energía generado por los paneles fotovoltaicos, las variables a monitorear son la corriente demandada por la bomba, y el voltaje generado por los paneles.

Para monitorear la corriente utilizaremos un sensor de efecto hall de tipo toroidal, el cual tiene un rango de operación de 0 a 50A, una salida analógica de 0 a 5V y un consumo de 35mA, para monitorear el voltaje utilizaremos un arreglo resistivo que baje el nivel de voltaje a el necesario para poder trabajarlo con un convertidor analógico digital (ADC).

Estas dos variables las monitorearemos con un ADC de 12 bits, que tiene comunicación con el microcontrolador a través del protocolo de comunicación SPI, sus siglas del inglés Serial Peripheral Interface.

Las operaciones de control se realizan con un microcontrolador de la serie PIC18, el cual tiene las características necesarias para las actividades antes mencionadas.

La etapa de potencia está controlada y separada de la etapa de control por relevadores que trabajan a 12V y soportan 10A y 250V cada uno.

II.1.3 Descripción del controlador de carga

Comenzaremos con la descripción de la fuente de alimentación, la cual es capaz de trabajar con voltajes de corriente directa y alterna de 16 a 30VAC y 12 a 22VDC respectivamente y tiene salidas de 12V y 5V, estos voltajes son los que se necesitan para alimentar el microcontrolador, ADC, bobinas de relevadores y demás accesorios.

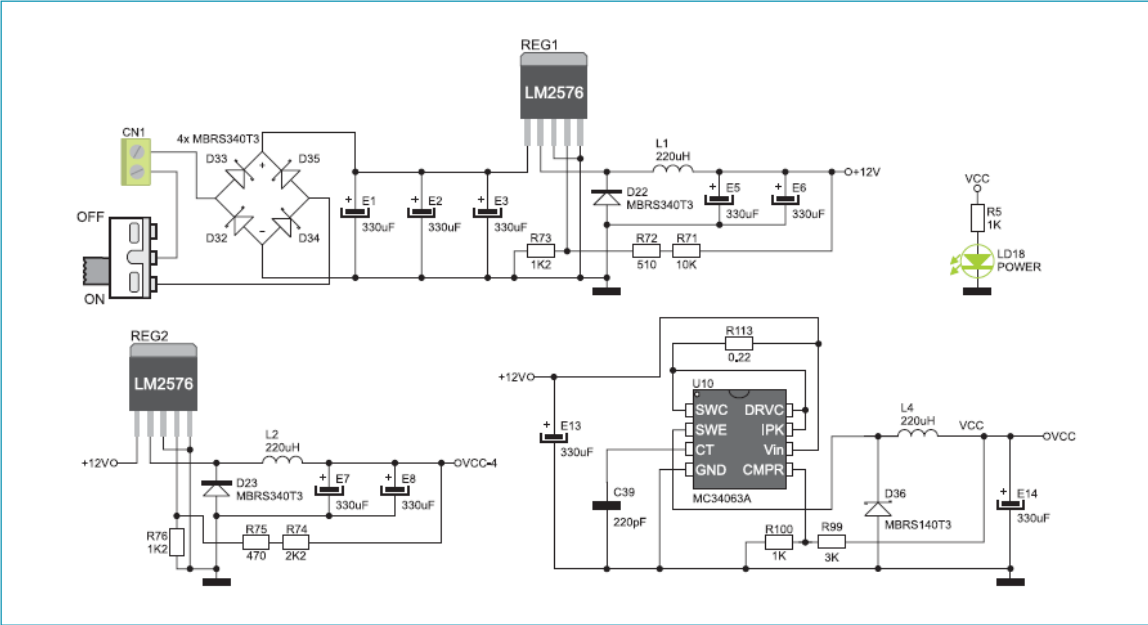


Ilustración II.2. Diseño de controladores

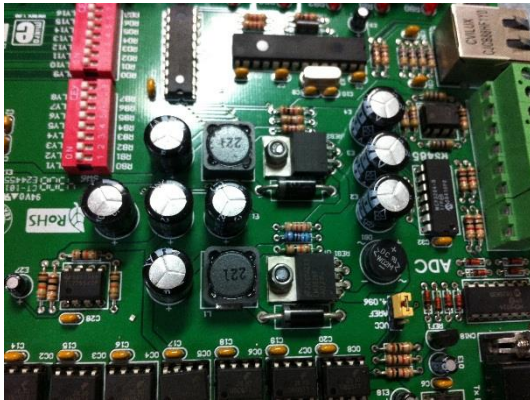


Ilustración II.3. Ensamblaje de controladores.

II.1.4 Convertidor Analógico Digital ADC

El convertidor Analógico Digital se utiliza para convertir una señal analógica a digital en este caso nosotros estamos utilizando un ADC con cuatro canales de entrada y una resolución de 12 bits y tiene comunicación con el microcontrolador SPI, con este ADC estaremos monitoreando la corriente demandada por la bomba con un sensor de corriente de efecto hall, el cual tiene una salida analógica que varía en un rango de 0 a 5V y está conectado en el canal 3 (CH3),

El voltaje generado por los paneles es monitoreado en el canal 2 del ADC (CH2), para bajar el nivel de voltaje al rango de operación del ADC utilizamos un divisor de voltaje

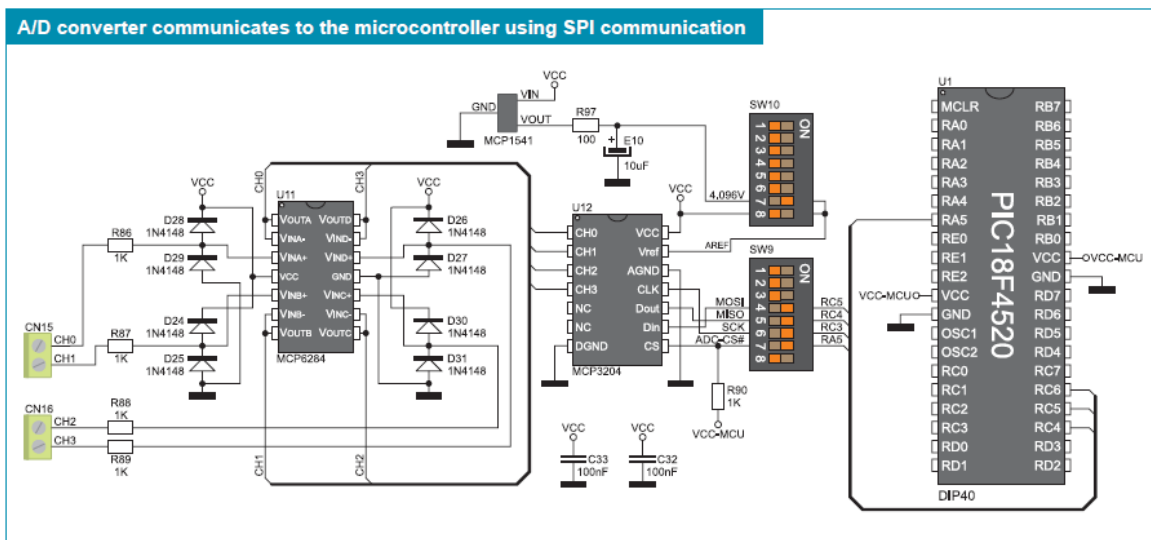




Ilustración II.4. Ensamblaje de convertidor analógico.

II.1.5 Relevadores y etapa de potencia

Los relevadores son dispositivos electromecánicos que funcionan como interruptores controlados por un circuito eléctrico, que por medio de una bobina y un electroimán permiten cerrar o abrir otros circuitos independientes, aislando la parte del controlador de la parte controlada, así, si llegara a ocurrir un corto circuito en la parte controlada o de potencia, la parte del control estaría protegida funcionando el relevador también como un equipo de protección.

El controlador de carga incorpora el driver ULN2803 que es un integrado que contiene 8 transistores con un arreglo Darlington, y lo utilizamos como interface para condicionar la señal digital de baja intensidad que genera el microcontrolador, de tal manera que podamos alimentar las bobinas de los relevadores que requieren un poco más de corriente que la que le proporciona el microcontrolador.

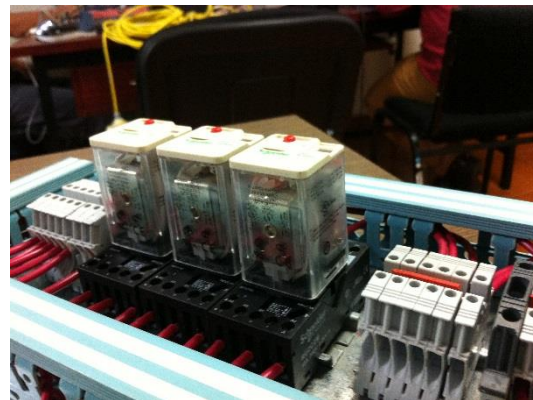
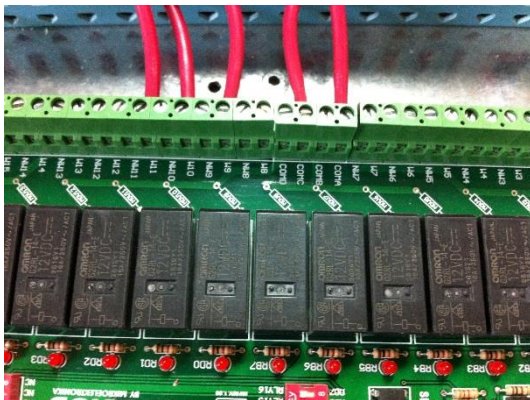
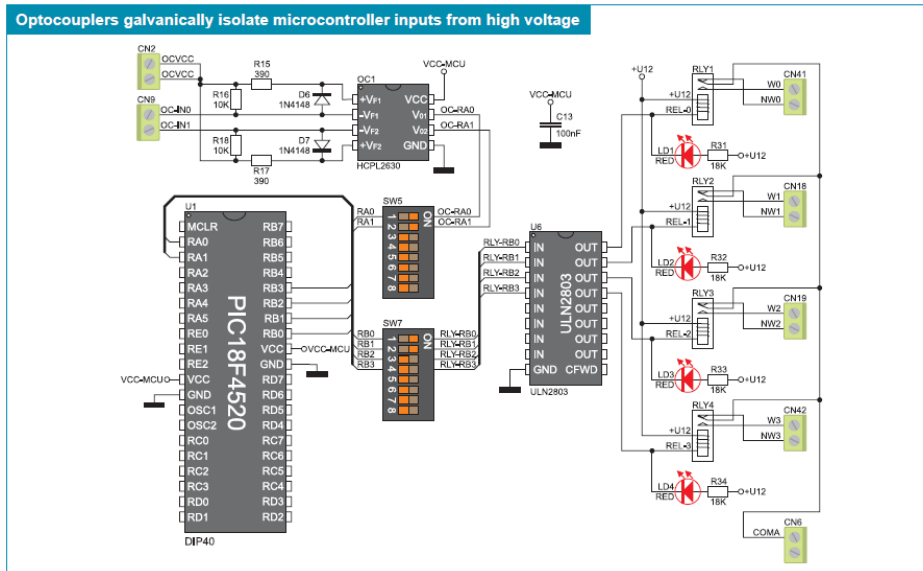


Ilustración II.5. Diseño y ensamble de relevadores

El sistema se compone de 8 paneles fotovoltaicos de 250W y una bomba de CD para acoplarse directamente a los paneles, el controlador de carga y un banco de baterías.

En cuanto al funcionamiento del controlador consiste en estar monitoreando la corriente que demanda el equipo de bombeo, esto a través del sensor de efecto hall, el cual alimentamos con un voltaje de 12V y lo conectamos a su salida de 0 a 5V para obtener su lectura a través del ADC



Y a través del divisor de voltaje monitoreamos el voltaje generado por los paneles

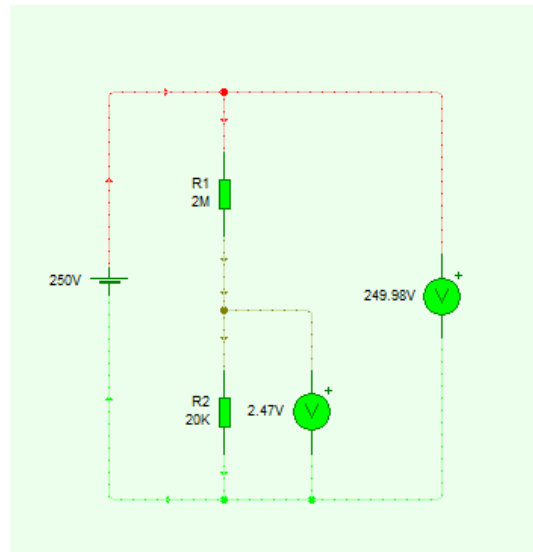


Ilustración II.6. Diseño del divisor de voltaje

De acuerdo a la curva de funcionamiento de la bomba el gasto máximo lo tiene a los 1300W esto es aproximadamente con 6 paneles, los otros dos son de reserva.

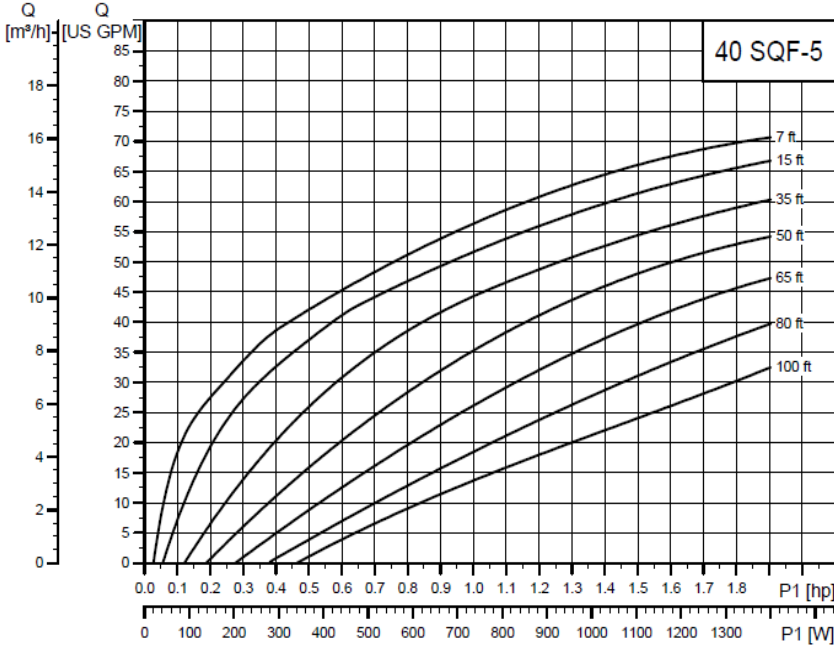


Ilustración II.7. Curva de funcionamiento de la Bomba.

El circuito de control de los paneles es el siguiente, se observa la conexión en serie de los primeros seis paneles, representados por el conjunto de baterías, y dos más separados por un par de relevadores, que están conectados a sus terminales normalmente abiertas.

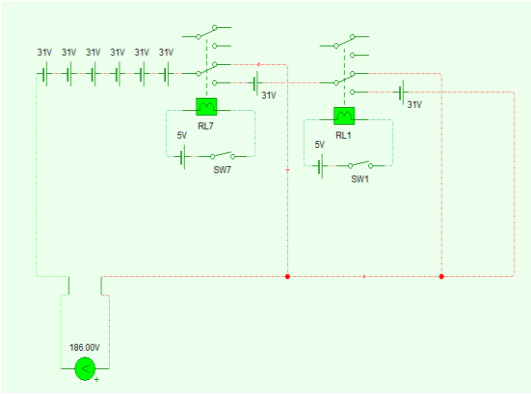


Ilustración II.8. Diseño del circuito de control de paneles y ensamblaje de éstos.

En dado caso que las condiciones atmosféricas no permitieran que los paneles generaran su potencia nominal 8A, 31V, 250W, esto lo detectaría el controlador de carga, por las variables que se están monitoreando, en este caso se accionaría un relevador y agregaría de manera automática un panel más en serie para tratar de mantener en su potencia máxima el sistema.

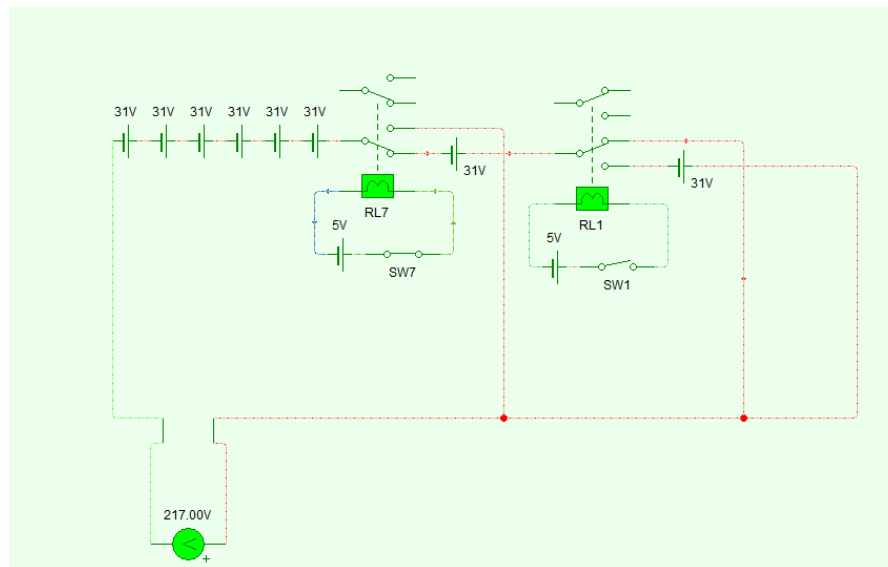


Ilustración II.9. Diseño de potencia en paneles.

Como en el caso anterior se puede agregar un panel más para reforzar la generación de energía, quedando el conjunto en 8 paneles conectados en serie.

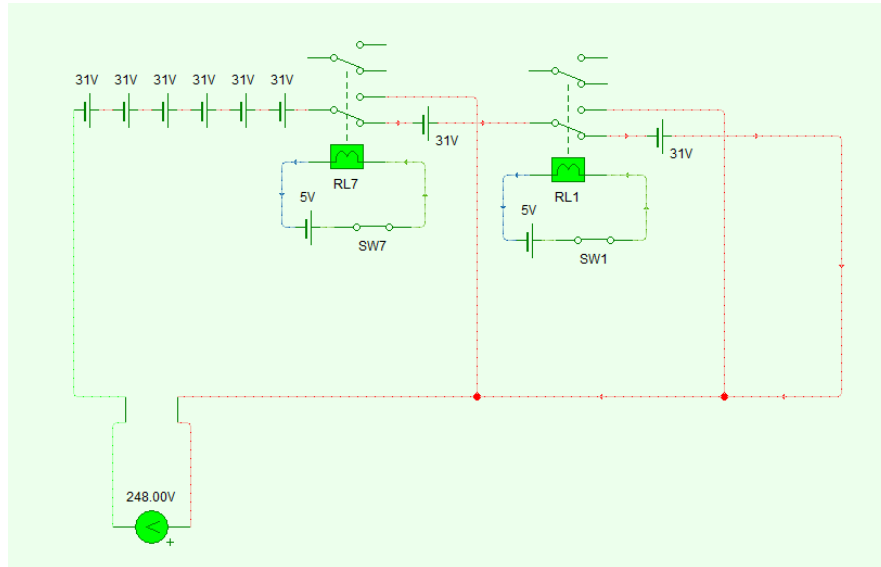


Ilustración II.10. Diseño de potencia de 8 paneles.

Este arreglo además de reforzar la generación de energía durante el transcurso del día cuando la radiación es baja, también tiene la finalidad de que al inicio del día también trabajen los 8 paneles al igual que al ocultarse el sol, dando más tiempo de trabajo al equipo de bombeo



Ilustración II.11. Ensamblaje de 8 paneles para mayor potencia

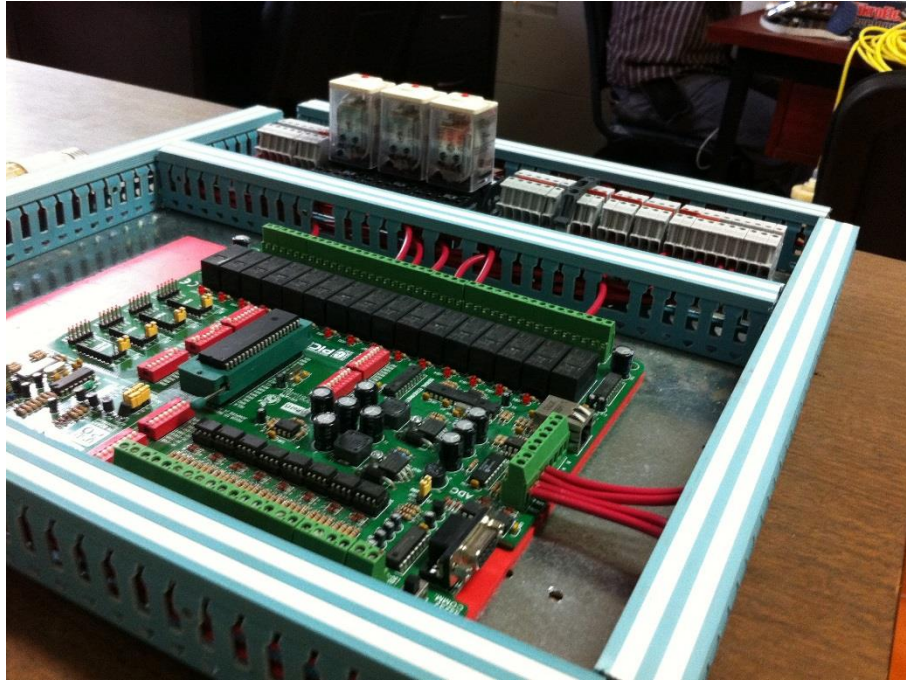


Ilustración II.12. Equipo completamente ensamblado.

Capítulo III. Sistema de cuencas

III.1 Introducción

El Sistema de información geográfica de inventario de cuencas surgió con la finalidad de inventariar toda la infraestructura, redes de conducción, ganadería, bosques, etc. en imagen satelital y de esta manera facilitar reportes gráficos y geográficos de las diferentes herramientas del sistema.



III.2 Creación de base de datos del sistema

La base de datos fue creada en la plataforma de MYSQL, por la compatibilidad de compartir y mejorar el manejo en sistemas enfocados en red.



III.3 Tablas del sistema

Las tablas están compuestas por los atributos necesarios para el sistema y en total son 15 tablas:

- **bos_variedad**
- **bosques**
- **colonias**
- **cuencas**
- **cultivos**
- **estados**
- **Ganado**
- **ganado_variedad**
- **geo_ganaderia**
- **geo_ganaderia_var**
- **municipios**
- **padron_geografico**
- **sud_cuencas**
- **usuarios**
- **variedades**

III.4 Herramientas del sistema

El sistema proporciona herramientas tanto geográficas y de reportes al igual que la modificación e impresión de registros en tablas para su almacenamiento.

Entre las cuales destacan:

- cuencas
- ganadería

➤ bosques



III.5 Investigación preliminar de cuencas.

Para la creación del sistema, se compararon registros tanto en SAGARPA y en INEGI. Para ganaderías y georreferenciación de cuencas del país.

En cuencas se establecieron 59 en todo el país, desde Upper Gila en el norte de baja california hasta Yucatán Norte (Yucatán) en Yucatán.



III.6 Importación de información geográfica de cuencas.

Para la importación geográfica de cuencas se descargaron archivos SHP de INEGI correspondiente a la topografía de todo el país.

Se extrajeron cada uno de los vértices que conforman a cada cuenca (coordenadas x, y), y se importaron a la base de datos del sistema obteniendo en su totalidad 59 cuencas las cuales son:

- Ameca
- Armería - Coahuayana
- Baja California Centro - Este (Santa Rosalia)
- Baja California Centro - Oeste (Vizcaino)
- Baja California Noreste (Laguna Salada)
- Baja California Sureste (La Paz)
- Baja California Suroeste (Magdalena)
- Mapimí
- Mar Salton
- Mimbres-Casas Grandes
- Nazas - Aguanaval
- Nueces
- Papaloapan
- Presidio - San Pedro

- Bajo Río Bravo
- Bajo Río Colorado
- Balsas
- Belice
- Candelaria
- Central Texas Coastal
- Coatzacoalcos
- Costa Chica - Río Verde
- Costa de Chiapas
- Costa de Jalisco
- Costa de Michoacán
- Costa de Oaxaca (Puerto Angel)
- Costa Grande
- Costera de San Diego-Baja California
- Devils
- El Salado
- Grijalva
- Guadalupe
- Huicicila
- Lerma - Santiago
- Lower Gila
- Lower Pecos
-
- Pánuco
- Rio De La Concepcion
- Rio Grande Closed Basins
- Río Bravo-Fuerte Quitman
- Río Bravo-Presa Caballo
- Río Bravo-Presa Falcón
- Río Conchos-Río Bravo
- Río Sonoyta
- San Antonio
- San Fernando - Soto La Marina
- San Pedro-Willcox
- Santa Cruz
- Sinaloa
- Sonora Norte
- Sonora Sur
- Southwestern Texas Coastal
- Tehuantepec
- Tuxpan - Nautla
- Upper Gila
- Usumacinta
- Yucatán Este (Quintana Roo)
- Yucatán Norte (Yucatán)
- Yucatán Oeste (Campeche)

CAT_CUENCAS

AGREGAR NUEVO ELIMINAR GUARDAR

NOMBRE DE LA CUENCA: B.C. Noroeste TIPO DE CUENCA: Exorreica FOLIO: 01

ALTURA MAXIMA (M): 271 ALTURA MINIMA (M): 0 AREA O SUPERFICIE (M2):

TIPO DE DRENAGE: Desordenado

CUENCA	TIPO CUENCA	ALTURA M
B.C. Noroeste	Exorreica	271
NESTOR		1000

SEMARNAT SECRETARIA DE

REHABILITACIÓN DE CUENCAS

Map center: (18.994609, -98.843594) - zoom: 8
SW: 17.580247, -101.590576
NE: 20.416717, -96.102905

Monsse Lat/Lng: 18.895893, -99.298004
Monsse Pr: 14601_29264
Tile: 57, 114

CUENCAS

Mapa Satélite Relieve

Mostrar etiquetas

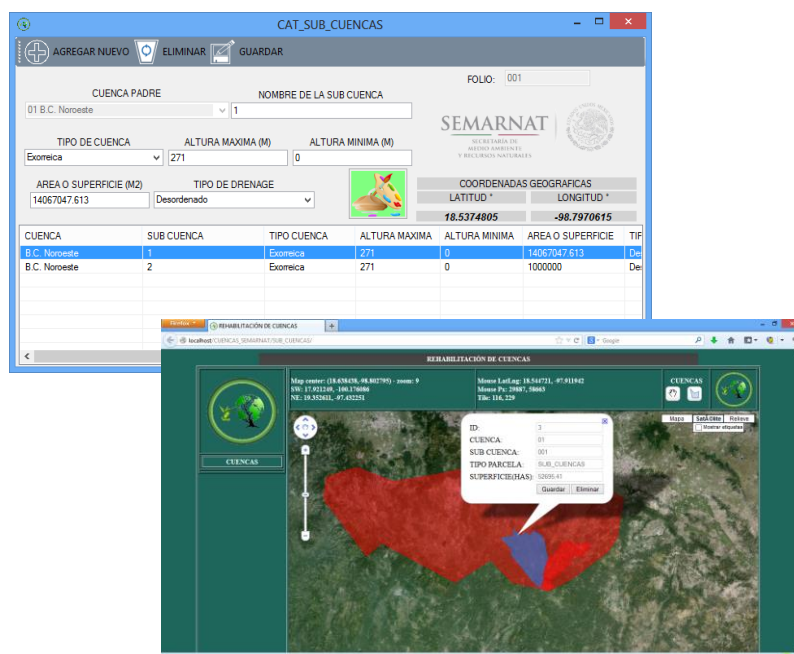
ID: 1
CUENCA: 01
SUBCUENTA: 0
TIPO PARCELA: CUENCAS
SUPERFICIE(HAS): 979779.59

Guardar Eliminar

III.7 Plataforma de sub cuencas o micro cuencas.

En la creación de la plataforma de sub cuencas o micro cuencas no se pudo obtener un trazo geográfico, por lo cual solo se estableció la herramienta de asignación de sub cuencas dentro del sistema para que el usuario delimite por sí mismo los límites de la sub cuenca a ingresar.

El ingreso de registros es contextual y geográfico para su ubicación.



III.8 Catálogos ganadería

Para realizar los catálogos de ganadería se tomaron en base las principales especies de ganadería como lo son:

- aves
- bovinos
- caprinos
- ovinos
- porcinos



De los cuales se tomó en base los registros de SAGARPA para obtener las principales especies de estos tipos de ganadería.

Entre los cuales obtuvimos:

- 10 especies aves
- 47 especies bovinos
- 12 especies caprinos
- 13 especies ovinos
- 5 especies de porcinos



III.8.1 Georeferenciación ganadera

Para diseñar y obtener los registros de interés para los especialistas que manejaran el sistema, se tomó apoyo de ellos para la asignación de datos de los cuales fueron de interés los siguientes.

- propietario
- estado
- municipio
- colonia
- tipo de ganadería
- especie ganadera
- número de cabezas
- objetivo principal
- rendimientos día, anual
- precio medio rural
- costo de producción

The screenshot shows a software window titled 'GANADERIA_INVENTARIO' with a sub-header 'AGREGAR Y GUARDAR'. The window contains a form with the following fields and values:

- FOLIO: 000000001
- TIPO DE GANADERIA: 02 OVINO
- ESPECIE GANADERIA: 002 CHAROLLAIS
- NO. CABEZAS/CAJONES: 11
- OBJETIVO PRINCIPAL: Carne

Below these fields is a section titled 'RENDIMIENTOS POR UNIDAD' which includes a small image of a white goat. Underneath this section is a table with the following data:

RENDIMIENTO DIA	PRODUCCION ANUAL	PRECIO MEDIO RURAL \$	COSTO DE PRODUCCION \$
0.7 kg	290	20	4000

GEO_GANADERIA

FOLIO: 000000001

NOMBRE USUARIO: GALICIA VALERIANO

COORDENADAS GEOGRAFICAS
 LATITUD °: 18.880849898346
 LONGITUD °: -98.827608525753

SUP FISICA Has: 0.046

ESTADO: 17 MORELOS | MUNICIPIO: 030_Yecapotla | COLONIA: 000_

AGREGAR
 EDITAR
 CANCELAR
 ELIMINAR
 ANTERIOR
 SIGUIENTE

GUARDAR Y AGREGAR NUEVO

PRODUCCION ANUAL	PRECIO MEDIO RURAL	COSTO DE PORDUCCION	COSTO TOTAL DE PRODU...	VALOR TOTAL DE PRODU...	UTILIDAD
20	20	4000	40000	58000	18000
20	20	4000	48000	72000	24000

COSTO TOTAL DE PRODUCCION \$: 88000 | VALOR TOTAL DE PRODUCCION \$: 130000 | UTILIDAD APARENTE \$: 42000 | RELACION VENCIFICIO COSTO: 2.95

Mapa | Seleccionar

CUENCAS

ID: 61
 FOLIO: 000000001
 SUBFOLIO: 0
 TIPO PARCELA: GANADERIA
 SUPERFICIE(HAS): 0.046

Guardar

Google

MySQL Table Editor

Table Name: Database: Comment:

Columns and Indices | Table Options | Advanced Options

Column Name	Datatype	NOT NULL	AUTO INC	Flags	Default Value	Comment
id	VARCHAR(10)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY		
id_ganado	VARCHAR(2)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY		
nom_ganado	VARCHAR(145)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY		
id_variedad	VARCHAR(3)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY		
nom_variedad	VARCHAR(145)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY		
cabezas	DOUBLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL	NULL	
objetivo_prin	VARCHAR(145)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY	NULL	
rendimiento	DOUBLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL	NULL	
rendi_unidad	VARCHAR(45)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY	NULL	
produccion	DOUBLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL	NULL	
prec_medi_rural	DOUBLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL	NULL	
costo_produci...	DOUBLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL	NULL	

Indices | Foreign Keys | Column Details

PRIMARY

Index Settings

Index Name: PRIMARY

Index Kind: PRIMARY

Index Type: BTREE

Index Columns (Use Drag'n'Drop)

id
id_ganado
id_variedad

Apply Changes | Discard Changes | Close

MySQL Table Editor

Table Name: Database: Comment:

Columns and Indices | Table Options | Advanced Options

Column Name	Datatype	NOT NULL	AUTO INC	Flags	Default Value	Comment
id	VARCHAR(10)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY		
id_propietario	INT(10)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL	NULL	
propietario	VARCHAR(145)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY	NULL	
id_estado	VARCHAR(2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY	NULL	
estado	VARCHAR(100)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY	NULL	
id_municipio	VARCHAR(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY	NULL	
municipio	VARCHAR(100)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY	NULL	
id_colonia	VARCHAR(3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY	NULL	
colonial	VARCHAR(100)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> BINARY	NULL	
sup	DOUBLE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> UNSIGNED <input type="checkbox"/> ZEROFILL	NULL	

Indices | Foreign Keys | Column Details

PRIMARY

Index Settings

Index Name: PRIMARY

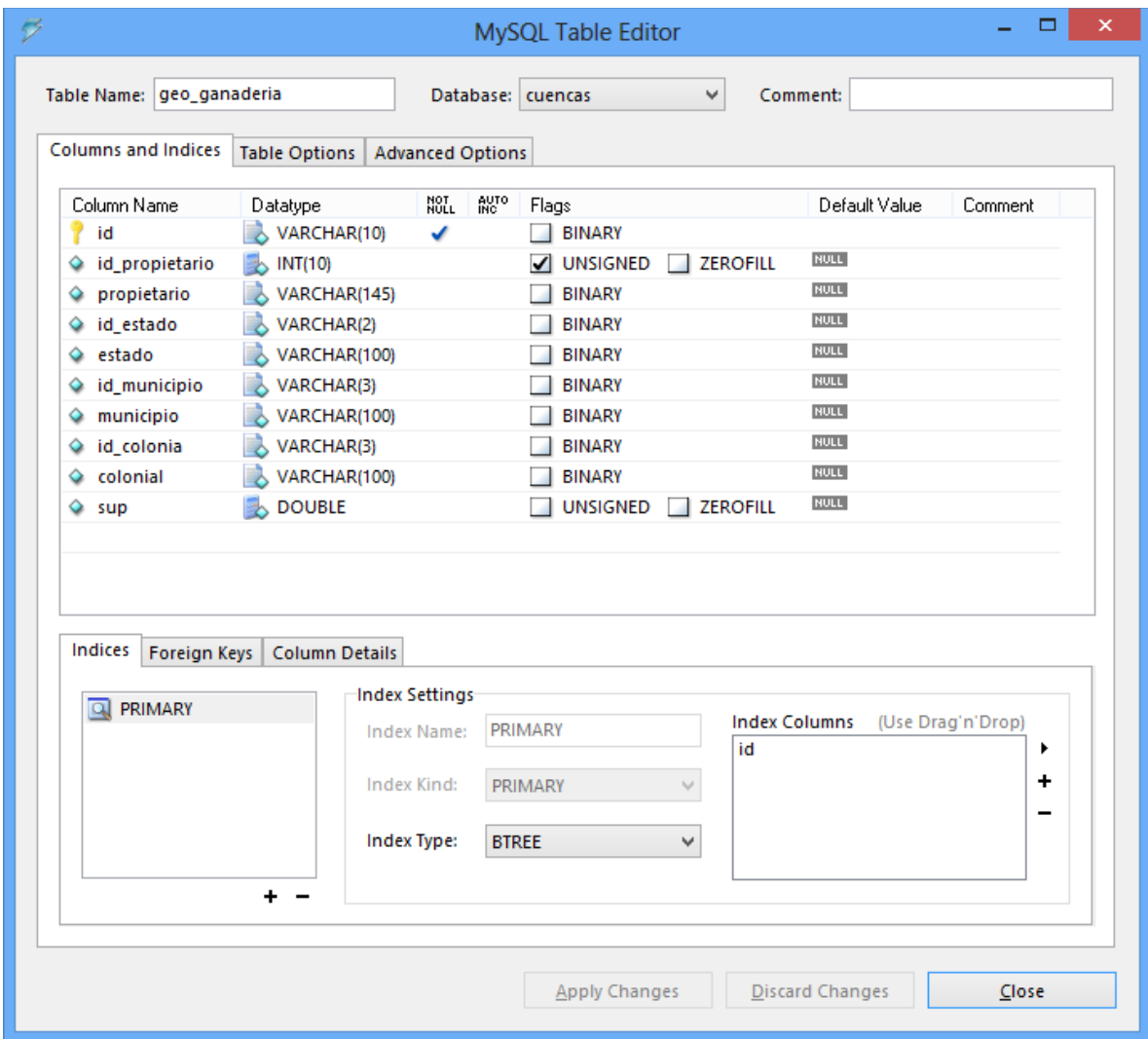
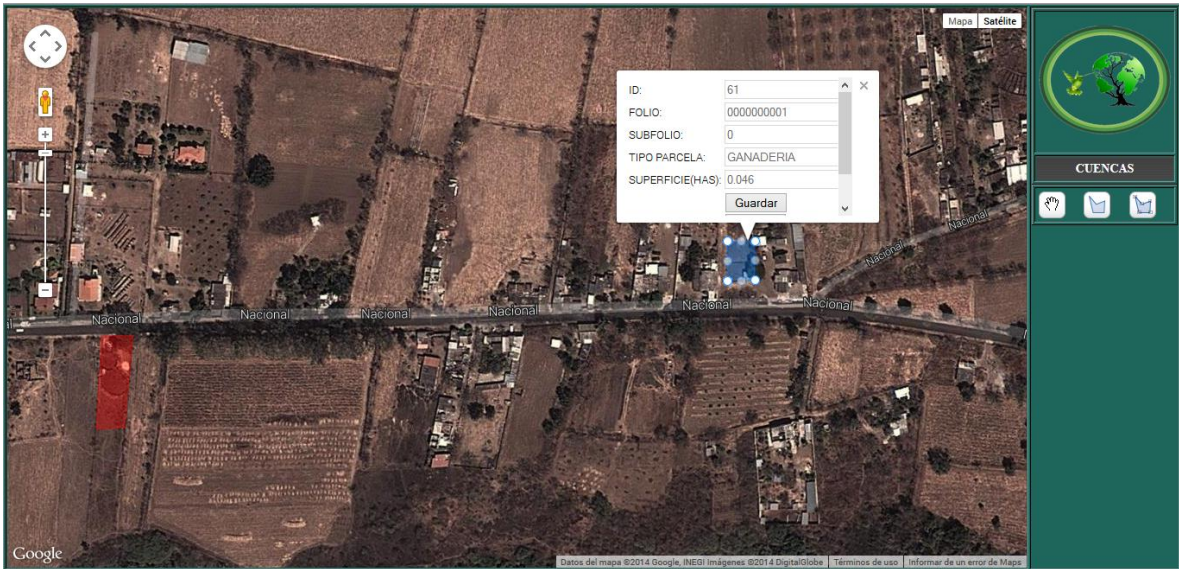
Index Kind: PRIMARY

Index Type: BTREE

Index Columns (Use Drag'n'Drop)

id

Apply Changes | Discard Changes | Close



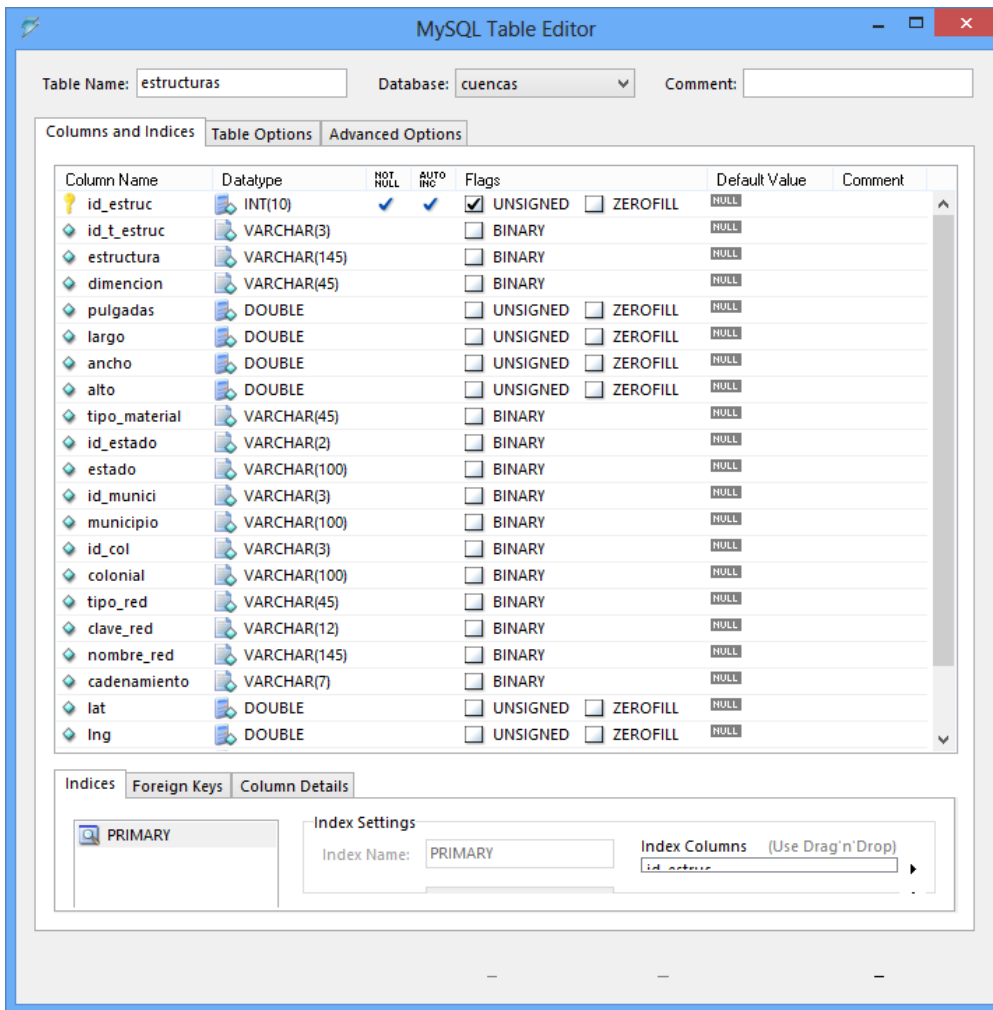
III.9 Programación del inventario básico de estructuras.

Se tomaron como base los parámetros más esenciales para distinguir las diferentes estructuras a registrar, en los cuales se incluyeron los tamaños y dimensiones como la ubicación dentro de la red de procedencia ya sea camino, canales, o drenes al igual que la coordenada geográfica del sistema para su identificación.

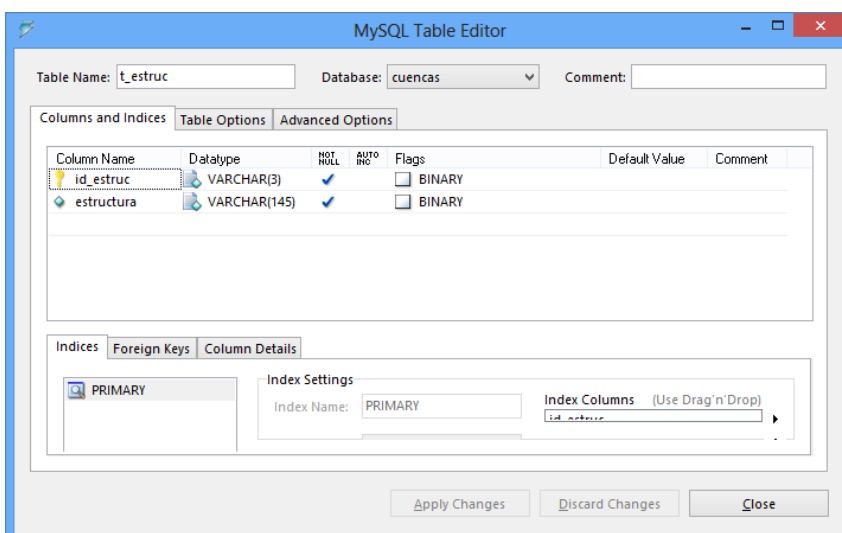


ESTRUCTURA	DIMENSIONES	PULGADAS	LARGO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	ESTADO
COMPUERTA		0	0	0	0		
COMPUERTA	Metros	0	10	20	30	ACERO	SINALOA


Estructuras campos de la tabla de registro.

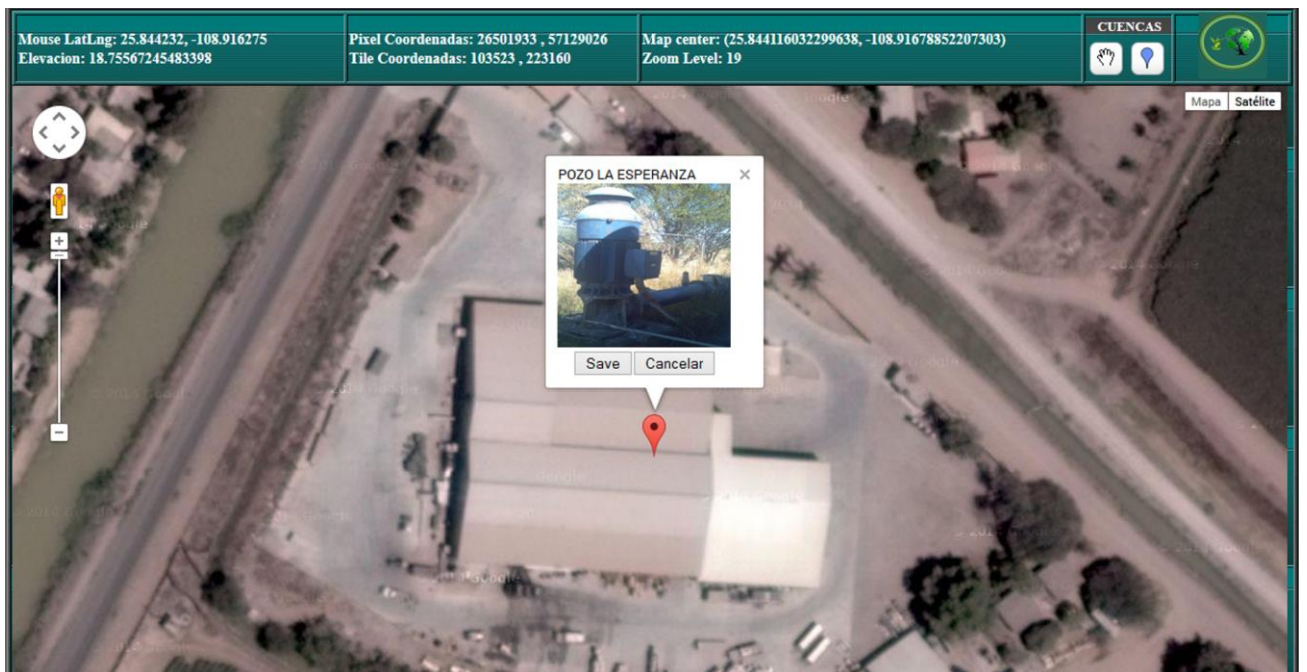


Tipo de estructuras, catálogo de estructuras almacenadas y registradas.



La ubicación geográfica es colocada manual mente o a su vez georreferenciada en imagen satelital. El capturista accederá a la imagen satelital seleccionando la herramienta que muestra la siguiente imagen y posicionara en la imagen satelital la ubicación de la estructura seleccionada.

LOCALOZACION GEOGRAFICA		
COORDENADAS GEOGRAFICAS		
LATITUD °	LONGITUD °	
1	2	
		
ALTO	MATERIAL	ESTADO
0		



Ejemplos de infraestructura de conservación, acciones y obras.

ESTRUCTURAS



AGREGAR NUEVO ELIMINAR GUARDAR
FOLIO: 9

TIPO DE ESTRUCTURA: 006_BARRERAS VIVAS
TIPO DE DIMENSIONES: Metros
PULGADAS: 0 **LARGO:** 10 **ANCHO:** 0 **ALTO:** 0
TIPO DE MATERIAL: MADERA

FECHA DE INSTALACION: 27/01/2015 **ESTADO:** 17_ MORELOS **MUNICIPIO:** 030_Yecapixtla **COLONIA:** 000_

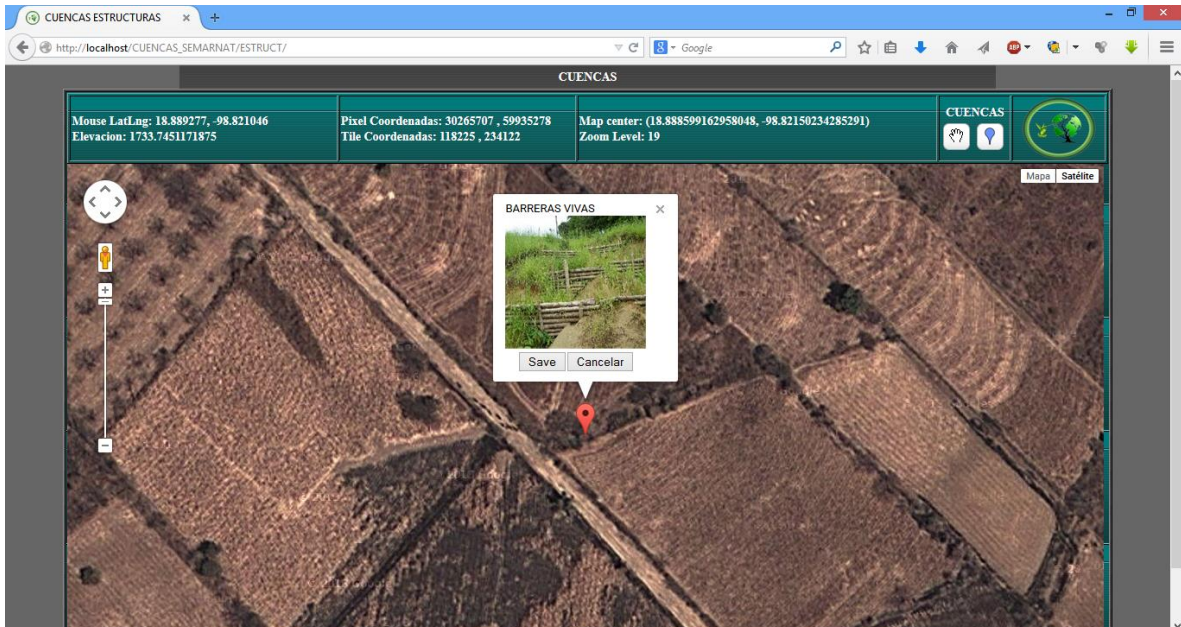
REDES DE DISTRIBUCION:
 TIPO DE RED:
 RED DE CONSERVACION: 00000000000000

LOCALIZACION GEOGRAFICA:
 COORDENADAS GEOGRAFICAS
 LATITUD °: 18.8885560208369 LONGITUD °: -98.8215023428529

CADENAMIENTO UBICACION:

ESTRUCTURA	DIMENSIONES	PULGADAS	LARGO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	ESTADO
BARRERAS VIVAS	Metros	0	10	0	0	MADERA	MORELOS
BORDOS	Metros	0	10	50	0	TIERRA	MORELOS
TERRAZAS	Metros	0	20	15	3	ACERO	MORELOS
GAVIONES	Metros	0	100	0	0	EMPETRADO	MORELOS
COMPUERTA	Metros	0	10	20	30	ACERO	SINALOA



ESTRUCTURAS



AGREGAR NUEVO ELIMINAR GUARDAR
FOLIO: 7

TIPO DE ESTRUCTURA: 005_BORDOS
TIPO DE DIMENSIONES: Metros
PULGADAS: 0 **LARGO:** 10 **ANCHO:** 50 **ALTO:** 0
TIPO DE MATERIAL: TIERRA

FECHA DE INSTALACION: 27/01/2015 **ESTADO:** 17_ MORELOS **MUNICIPIO:** 030_Yecapixtla **COLONIA:** 000_

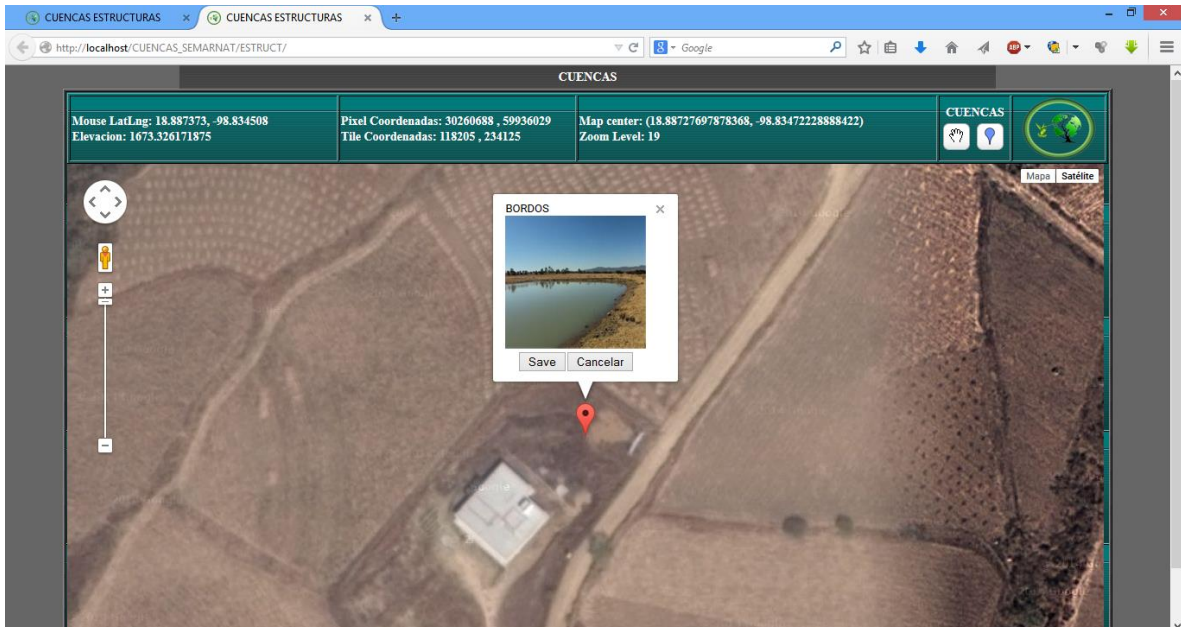
REDES DE DISTRIBUCION:
TIPO DE RED: RED DE CUADRALES TECNIFICADC
RED DE CONSERVACION: 0000000000000

LOCALIZACION GEOGRAFICA:
COORDENADAS GEOGRAFICAS:
LATITUD °: 18.8872338363218 **LONGITUD °:** -98.8347222888842

CADENAMIENTO UBICACION:

ESTRUCTURA	DIMENSIONES	PULGADAS	LARGO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	ESTADO
BARRERAS VIVAS	Metros	0	10	0	0	MADERA	MORELOS
BORDOS	Metros	0	10	50	0	TIERRA	MORELOS
TERRAZAS	Metros	0	20	15	3	ACERO	MORELOS
GAVIONES	Metros	0	100	0	0	EMPETRADO	MORELOS
COMPUERTA	Metros	0	10	20	30	ACERO	SINALOA



ESTRUCTURAS



AGREGAR NUEVO ELIMINAR GUARDAR
FOLIO: 8

TIPO DE ESTRUCTURA: 004_TERRAZAS
TIPO DE DIMENSIONES: Metros
PULGADAS: 0 **LARGO:** 20 **ANCHO:** 15 **ALTO:** 3
TIPO DE MATERIAL: ACERO

FECHA DE INSTALACION: 27/01/2015 **ESTADO:** 17_MORELOS **MUNICIPIO:** 030_Yecapixtla **COLONIA:** 000_

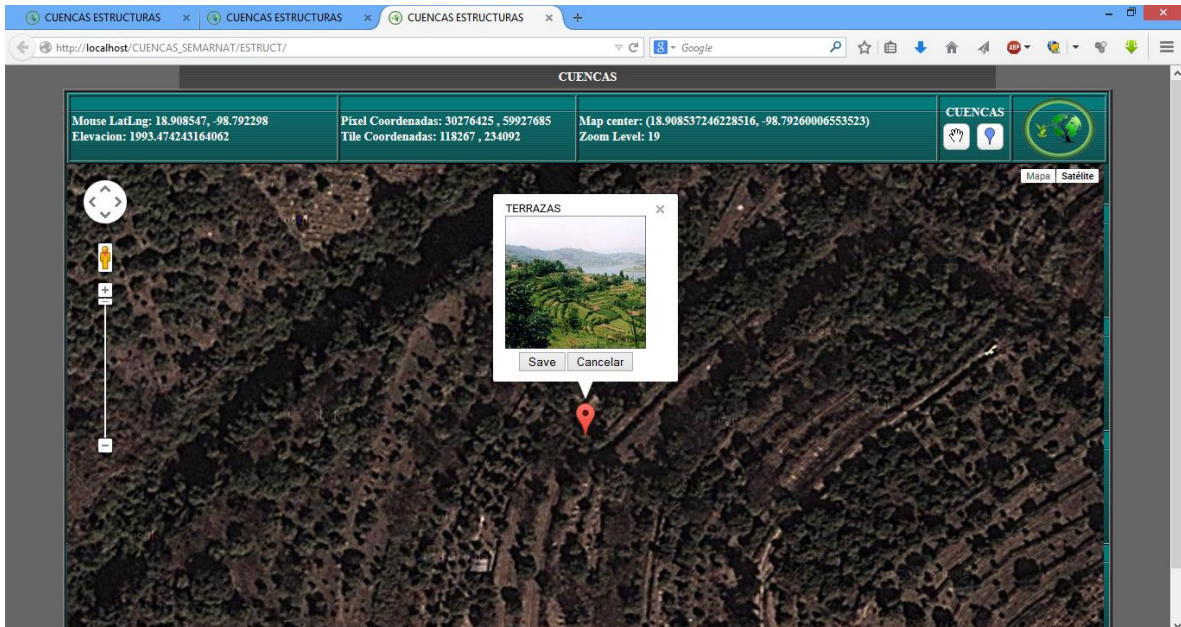
REDES DE DISTRIBUCION:
TIPO DE RED: RED DE CUADALES TECNIFICADC
RED DE CONSERVACION: 00000000000000

LOCALIZACION GEOGRAFICA:
COORDENADAS GEOGRAFICAS:
LATITUD °: 18.9084941092467 **LONGITUD °:** -98.7926000655352

CADENAMIENTO UBICACION:

ESTRUCTURA	DIMENSIONES	PULGADAS	LARGO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	ESTADO
BARRERAS VIVAS	Metros	0	10	0	0	MADERA	MORELOS
BORDOS	Metros	0	10	50	0	TIERRA	MORELOS
TERRAZAS	Metros	0	20	15	3	ACERO	MORELOS
GAVIONES	Metros	0	100	0	0	EMPETRADO	MORELOS
COMPUERTA	Metros	0	10	20	30	ACERO	SINALOA



ESTRUCTURAS

AGREGAR NUEVO
ELIMINAR
GUARDAR
FOLIO: 6

TIPO DE ESTRUCTURA

TIPO DE DIMENSIONES

PULGADAS

LARGO

ANCHO

ALTO

TIPO DE MATERIAL

FECHA DE INSTALACION

ESTADO

MUNICIPIO

COLONIA

REDES DE DISTRIBUCION

TIPO DE RED:

CADENAMIENTO UBICACION

LOCALIZACION GEOGRAFICA

COORDENADAS GEOGRAFICAS

LATITUD °	LONGITUD °
18.8864471188928	-98.8333666920334

ESTRUCTURA	DIMENSIONES	PULGADAS	LARGO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	ESTADO
BARRERAS VIVAS	Metros	0	10	0	0	MADERA	MORELOS
BORDOS	Metros	0	10	50	0	TIERRA	MORELOS
TERRAZAS	Metros	0	20	15	3	ACERO	MORELOS
GAVIONES	Metros	0	100	0	0	EMPETRADO	MORELOS
COMPUERTA	Metros	0	10	20	30	ACERO	SINALOA

CUENCAS ESTRUCTURAS x CUENCAS ESTRUCTURAS x CUENCAS ESTRUCTURAS x CUENCAS ESTRUCTURAS x

http://localhost/ CUENCAS_SEMARNAT/ESTRUCT/

Mouse LatLng: 18.886328, -98.833044

Elevacion: 1672.406860351562

Pixel Coordenadas: 30261234, 59936441

Tile Coordenadas: 118207, 234126

Map center: (18.8864902615573, -98.8333666920334)

Zoom Level: 19

CUENCAS

Mapa | Satélite

Capítulo IV Manual Keyline

Se anexa en PDF una copia del manual

Capítulo V. Revisión general del sistema de cuencas.

Se presenta código en anexo.

