

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**DESARROLLO DE SISTEMA DIGITAL PARA
DETECCIÓN TEMPRANA Y ANUNCIO
OPORTUNO DE ALTO RIESGO DE
INUNDACIONES PARA LA EVACUACIÓN Y
RESGUARDO DE LAS VIDAS DE RESIDENTES
EN ORILLAS DEL RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL.
*En asocio con Protección Civil de San Miguel***

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
LIC. ROBERTO CARLOS GAITÁN QUINTANILLA

DOCENTE CO INVESTIGADOR:
TEC. FERMÍN OSORIO GÓMEZ

CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

ENERO 2018

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**DESARROLLO DE SISTEMA DIGITAL PARA
DETECCIÓN TEMPRANA Y ANUNCIO
OPORTUNO DE ALTO RIESGO DE
INUNDACIONES PARA LA EVACUACIÓN Y
RESGUARDO DE LAS VIDAS DE RESIDENTES
EN ORILLAS DEL RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL.
*En asocio con Protección Civil de San Miguel***

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
LIC. ROBERTO CARLOS GAITÁN QUINTANILLA

DOCENTE CO INVESTIGADOR:
TEC. FERMÍN OSORIO GÓMEZ

CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

ENERO 2018

Rectora

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

**Dirección de Investigación
y Proyección Social**

Ing. Mario Wilfredo Montes, Director

Ing. David Emmanuel Ágreda

Sra. Edith Aracely Cardoza

Director Centro Regional San Miguel

Lic. Mario Alsides Vásquez Cruz

681.76

G1444d Gaitán Quintanilla, Roberto Carlos, 1976 -

sv

Desarrollo de sistema digital para detección temprana y anuncio oportuno de alto riesgo de inundaciones para la evacuación y resguardo de las vidas de residentes en orillas del Río Grande de San Miguel : En asocio con Protección Civil de San Miguel. / Roberto Carlos Gaitán Quintanilla, Fermín Osorio Gómez., -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2018.

66 p. : 28 cm.

ISBN 978-99961-50-72-2 (impreso)

1. Ingeniería hidráulica – aparatos e instrumentos.
2. Ingeniería hidráulica – innovaciones tecnológicas.
3. Prevención de daños por inundaciones.
4. Control de inundaciones. I. Osorio Gómez, Fermín, 1984. II. Título.

Autor

Lic. Roberto Carlos Gaitán Quintanilla

Coautor

Téc. Fermín Osorio Gómez

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2018

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. Este informe de investigación no puede ser reproducido o publicado parcial o totalmente sin previa autorización de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Para referirse a este documento se debe citar al autor. El contenido de este informe es responsabilidad exclusiva de los autores.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio web: www.itca.edu.sv

Tel: (503)2132-7423

Fax: (503)2132-7599

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.2.	ANTECEDENTES	5
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	21
3.	OBJETIVOS	22
3.1.	OBJETIVO GENERAL	22
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
4.	HIPÓTESIS	22
5.	MARCO TEÓRICO	22
5.1.	¿QUÉ ES UN SAT?.....	23
5.2.	TIPOS DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES	23
5.3.	COMPONENTES DE LOS SAT	24
6.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
7.	RESULTADOS	28
7.1.	MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LAS CRECIDAS DEL RÍO GRANDE	28
7.2.	ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN DEL EQUIPO TECNOLÓGICO	36
7.3.	DISEÑO DE LA ESTACIÓN TELEMÉTRICA	48
8.	CONCLUSIONES	51
9.	RECOMENDACIONES	52
10.	GLOSARIO	52
11.	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....	53
12.	ANEXOS	54
12.1.	ANEXO 1: MANUAL DE CONFIGURACIÓN DE LA ESTACIÓN REMOTA.....	54
12.2.	ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO.....	64

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación fue realizado por docentes investigadores en colaboración con los estudiantes de las carreras de Técnico en Ingeniería Eléctrica y Técnico en Sistemas Informáticos.

El objetivo del proyecto fue analizar las tecnologías necesarias para la construcción de un sistema capaz de emitir una alerta ante las crecidas del Río Grande de San Miguel en temporadas de lluvia, que presenten riesgo de inundación y daños a las familias asentadas en la rivera de éste.

En el planteamiento del problema, se define la necesidad que tienen las comunidades de alertas tempranas ante posibles inundaciones, para salvaguardar sus vidas y sus posesiones. Los antecedentes, muestran el alto grado de vulnerabilidad que tienen estas comunidades ante las crecidas del río. La hipótesis, se definió para comprobar si era posible diseñar un sistema digital que pudiera alertar de forma oportuna de los riesgos de inundaciones. Lo anterior, condujo a que la metodología se centrara en la búsqueda de tecnología que ya se usa para solucionar diferentes problemas de la humanidad y combinarlas en la solución del problema planteado en el proyecto. Como resultado de lo anterior fue posible identificar, adquirir y experimentar con un prototipo construido con los equipos tecnológicos investigados. Lo anterior permitió comprobar que el prototipo, una vez programado, puede detectar los cambios en los niveles de líquidos en relación con la presión atmosférica y poder comunicar a varios dispositivos esos cambios proporcionando información oportuna que sirva de base para la toma de decisiones de las autoridades y los propios habitantes de las comunidades.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El cambio climático es un fenómeno que ocasiona estragos día a día y en El Salvador ya es una realidad; por ejemplo, entre noviembre de 2009 y octubre de 2011 El Salvador sufrió cinco fenómenos climáticos extremos: cuatro tormentas tropicales a saber: Ida, Agatha, Alex y Mathew y la depresión tropical 12E. Los daños materiales causados por estos fenómenos fueron enormes, generando cifras que se cuentan en millones de dólares.

En un artículo publicado por National Geographic, se especifican que:

Existen pocos lugares sobre la faz de la Tierra en los que el ser humano no tenga que preocuparse por las inundaciones. Cualquier lugar con precipitaciones es vulnerable, aunque la lluvia no es el único impulsor de las inundaciones. Éstas ocurren cuando el agua se desborda o inunda tierra generalmente seca. Este fenómeno puede suceder en una gran cantidad de formas. La más habitual es aquella en las que los ríos o arroyos desbordan sus riberas. Las lluvias excesivas, las presas o diques desbordados, la fusión rápida de glaciares montañosos e incluso los diques construidos por castores en ubicaciones no propicias, pueden bloquear los cauces e inundar los terrenos adyacentes, que reciben el nombre

de planicies aluviales o vegas de inundación”¹

El agua en movimiento posee un formidable poder de destrucción. Cuando un río desborda sus riberas o el mar se adentra en tierra firme, las estructuras endebles tienen poca probabilidad de resistir los embates del agua. El agua puede levantar y transportar puentes, casas, árboles y coches como hojas. La fuerza erosiva del torrente de agua puede arrastrar la tierra bajo los cimientos de las edificaciones haciendo que se quiebren y derrumben.

En el departamento de San Miguel el invierno es causa de preocupación para algunas comunidades a las que atraviesa el Río Grande, ya que existe el riesgo latente de inundación, entre algunas de ellas están el cantón la canoa, colonia rio grande, cantón el brazo, entre otros.

El Río Grande de San Miguel nace cerca del cantón Joya Grande, a una elevación de 600 msnm, con el nombre de Agua Zarca, drena directamente a la Bahía de Jiquilisco, en el Océano Pacífico. La subcuenca tiene una longitud del cauce más largo de 137km, con pendiente media del 12.5%, y elevación media de 279.6 msnm.

A raíz de eso se presenta la siguiente interrogante:

¿El desarrollo de un sistema digital para detección temprana y anuncio de alto riesgo de inundaciones, proporcionará información oportuna para la evacuación y resguardo de las vidas en orillas del río grande de san miguel?

2.2. ANTECEDENTES

2.2.1. De Protección Civil

En cuanto a tecnología la Dirección General de Protección Civil, que es el ente rector de El Salvador en la gestión riesgos, únicamente cuenta con un sistema comunitario, el cual está comprendido de procesos manuales que a su vez dependen del factor humano: han señalado un punto estratégico elevado del río y una persona encargada va a revisar la crecida de éste, quien hace una llamada telefónica a protección civil para informar de riesgos potenciales.

2.2.2. De la sub Cuenca del Río Grande

La zona de estudio es la Subcuenca del Río Grande de San Miguel, determinada como Región Hidrográfica “H”. Esta zona ha sido objeto de estudio desde hace varios años, debido a su potencial hídrico y geotérmico. Algunos estudios que detallan información relevante son:

- “Informe de Reconocimiento de Recursos de Aguas Freáticas del Valle del Bajo Río Grande de San Miguel”, 1958.

¹ Disponible en <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/desastres-naturales/floods-profile>

Informe preparado para la firma consultora de Tippetts – Abbett – McCarthy y Stratton (TAMS) por Thomas F. Thompson, consultor en Geología de Aguas Freáticas. Este informe concluyó que había suficientes aguas freáticas dentro de la Cuenca del Jocotal y en las porciones de la Planicie Costera situada hacia el Poniente del Valle del Bajo Río Grande de San Miguel, para regar 10,000 Hectáreas de cultivo. Dicho estudio recomendó un programa de perforaciones exploratorias y ensayos de pozos, el cual condujo a un estudio extensivo de las aguas freáticas en la zona efectuado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

- “Proyecto de Investigación de Aguas Freáticas – Cuenca del Río Grande de San Miguel – Fondo Especial de las Naciones Unidas – Organización para la Alimentación y la Agricultura – FAO/ SF:5/ELS –1963”.

Este informe concluyó que el volumen aprovechable de agua en el acuífero de la cuenca baja del Río Grande de San Miguel es de 1655 millones de m³/año. Con dicho potencial se puede regar el lado norte del Río Grande de San Miguel entre Usulután y la estación hidrométrica Vado Marín.

- “Comparación de costos de desarrollo de agua, pozos profundos contra almacenamiento superficial, en la cuenca del Bajo San Miguel, 1963”.

Informe preparado por Harza Engineering Company; en el cual se concluyó que para lograr el máximo aprovechamiento de los recursos hídricos para fines agrícolas de la cuenca se requeriría un sistema combinado de aguas superficiales y subterráneas obtenidas por medio de la construcción de pozos.

- “Informe de Evaluación de la Cuenca del Río Grande de San Miguel”, elaborado por Harza Engineering Company International y Atilio García Prieto Consultor y preparado para el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador, Abril 1966.

El objetivo de esta investigación fue elaborar un plan integrado para el desarrollo de toda la cuenca y recomendar objetivos específicos para llevar a cabo estudios de factibilidad, además de formular un proyecto completo de desarrollo integrado de toda la cuenca. El informe concluyó que el acuífero de la cuenca baja del Río Grande de San Miguel tiene un volumen aprovechable de 1600 millones de m³/año hasta una profundidad de 90 m, y por lo tanto es físicamente factible aprovechar los abastecimientos de agua subterránea para fines de regadío en un área de 10,000 hectáreas localizadas en el Valle del Río Grande de San Miguel inmediatamente antes de que el río desemboque en el Océano Pacífico.

- “Estudios sobre Aguas Subterráneas”, elaborado durante la Consultoría en Hidrogeología prestada a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) por el Consultor Ing. Ricardo Núñez Woitschach, 1985-1987.

Se concluyó en el estudio sobre el área de San Miguel que existe un acuífero conformado por lavas, de alta permeabilidad secundaria, tobas color café poco compactas y piroclastos sueltos; dicho acuífero se extiende en toda la falda oriental del volcán de San Miguel. Estos estudios abarcaron a su vez municipios de los departamentos de Morazán, Usulután y La Unión.

- “Plan Maestro para el Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos” (PLAMDARH). El Salvador, Documento Básico N° 3: “Recursos y Demandas Potenciales en la Región H”, elaborado entre 1978 y 1982 por el Gobierno de El Salvador y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el cual es el mayor esfuerzo para conocer la situación del agua a escala nacional. En este estudio se recopila toda la información concerniente a los recursos hídricos presentes en la zona de estudio, además este estudio concluyó que los principales acuíferos son los de la zona media y baja del río. Son acuíferos libres, que poseen dificultades de drenaje por lo que su nivel freático está cerca de la superficie. Así mismo, los volúmenes anuales aprovechables son del orden de 1700 millones de m³ para la cuenca baja y de 650 millones de m³ para la cuenca media, con una recarga media anual aproximada que varía entre 172 - 242 millones de m³ en ambas cuencas.

Además, como información complementaria y de referencia se tomarán otros estudios hidrogeológicos que se han realizado en otras zonas del país, para el presente estudio, los cuales se detallan a continuación:

- “Estudio Hidrogeológico del acuífero de Guluchapa, San Salvador, El Salvador”, Tesis sometida a consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Postgrado en Geología con énfasis en Manejo de Recursos Hídricos e Hidrogeología, para optar al grado de Magíster Scientiae, Ciudad Universitaria “Rodrigo Facio”, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, 1998. Realizada por el Ing. José Roberto Duarte Saldaña.

Dicho estudio constituyó un punto inicial para la explotación del agua subterránea del acuífero de una manera racional y sostenible, logrando de esta manera, garantizar el suministro de agua en las cantidades necesarias y en la más óptima calidad. También se realizó un modelo matemático del acuífero de manera de conocer su rendimiento máximo sostenible.

- “Desarrollo e Implementación de un Sistema de Información Hidrogeológico para la Zona del Acuífero Ahuachapán-Atiquizaya”, Trabajo de graduación preparado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas para optar al grado de Ingeniero Civil, realizado por Laura Gil y Luis Alemán, octubre 2003. Dicho trabajo contempló la definición de la metodología para la elaboración de un sistema de información hidrogeológico y la correspondiente aplicación mediante la elaboración del Mapa Hidrogeológico de la Región Hidrográfica “B”.

- “Comportamientos de Flujos Subterráneos dentro del Complejo Volcánico Bálsamo, Región Hidrográfica E”, Trabajo de graduación preparado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas para optar al grado de Ingeniero Civil, realizado por Ricardo Mata et al., San Salvador, octubre 2004.

En este trabajo se concluyó que la presencia de acuíferos que pueden ser explotados en dicha zona es mínima, esto debido a que el agua subterránea se transporta por el fallamiento existente que hace que su movimiento sea a través de la roca fracturada, además dicho estudio estableció el uso de la metodología de sensores remotos para la identificación de los flujos subterráneos en medios fracturados.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio, la Subcuenca del Río Grande de San Miguel, se ubica en la parte oriental de El Salvador. El área de drenaje es de 2250 km², abarcando cerca del 18% de la totalidad del país, y comprende parte de los municipios de Ciudad Barrios, Seseor, Chapeltique, Lolotique, Moncagua, Nueva Guadalupe, Chinameca, Quelepa, San Miguel, Comacarán, Uluazapa, Chirilagua, El Tránsito, San Rafael Oriente, y San Jorge en el Departamento de San Miguel; Cacaopera, Gualococti, Osicala, San Simón, Delicias de Concepción, Yoloaiquin, Chilanga, Lolotiquillo, Sociedad, Jocoro, San Francisco Gotera, Sensembra, Yamabal, San Carlos, El Divisadero y Guatajiagua en el Departamento de Morazán; Jucuapa, California, Santa Elena, San Dionisio, Usulután, Santa María, Ereguayquín, Concepción Batres y Jucuarán en el Departamento de Usulután; y La Unión, Intipucá, El Carmen, San Alejo, Yayantique y Yucuaiquin en el Departamento de La Unión.

Geográficamente la región se ubica entre las coordenadas 13°13' y 13°48' de latitud norte y, 87°57' y 88°25' de longitud oeste. La figura 1.1 muestra los cuadrantes a escala 1: 25,000 que abarcan la región en estudio, y en la tabla 1.1 se presentan los nombres de dichos cuadrantes junto a el número de la hoja y las abreviaturas utilizadas.

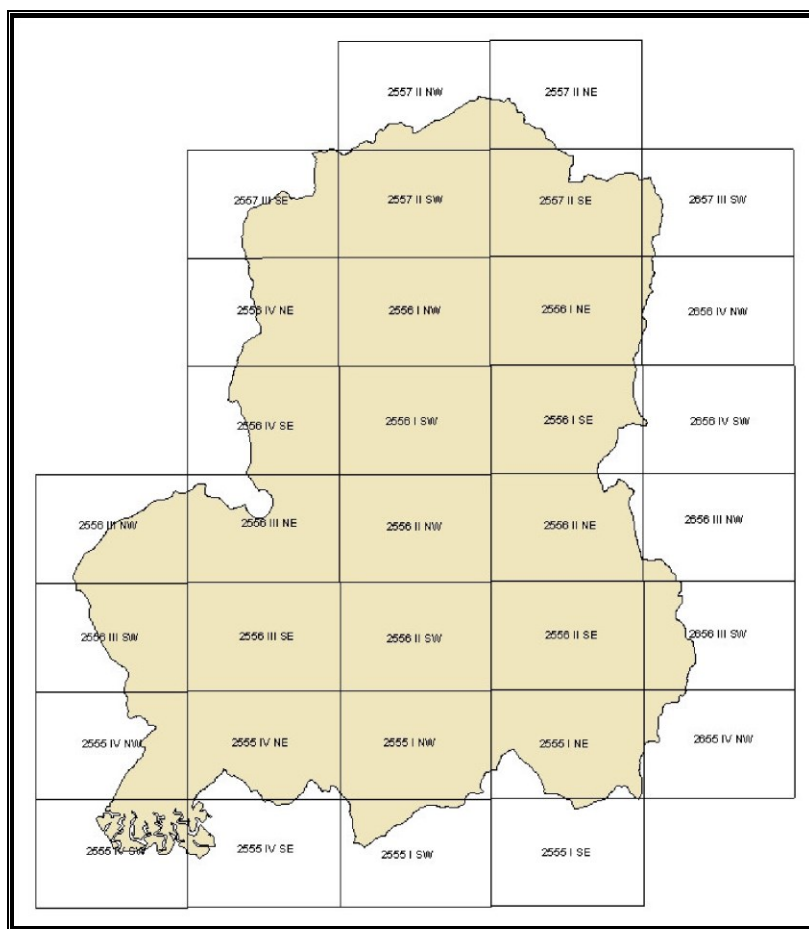


Fig. 1 Cuadrantes a escala 1:25,000 que cubren la zona de estudio. Fuente: CNR

Nombre del cuadrante	Número de la hoja	Abreviatura
Laguna de Olomega	2555 I NE	LDO
Jucuarán	2555 I NW	JCR
Intipucá	2555 I SE	INT
Chirilagua	2555 I SW	CHR
Moropala	2555 IV NE	MOR
San Dionisio	2555 IV NW	SDI
El Espino	2555 IV SE	EES
Bahía de Jiquilisco	2555 IV SW	BDJ
Jocoro	2556 I NE	JOC

Tabla 1. Cuadrantes a escala 1:25,000 que cubren la zona de estudio. Fuente: CNR

La región tiene una extensa red de comunicación entre la que se encuentra la CA-1 o carretera Panamericana que la cruza por el centro, la CA-2, carretera del Litoral al sur, la CA-7 o ruta militar que enlaza la ciudad de San Miguel con Santa Rosa de Lima y San Francisco Gotera.

Existe una cobertura vegetal moderada en la mayoría de la cuenca, y la agricultura se practica principalmente en la parte baja de la cuenca mediante la siembra de cañales en su mayoría. Se considera que la producción de sedimentos en la cuenca es bastante alta debido a la poca cobertura vegetal y al tipo de suelo existente en el área².

² Magaña, M. Sonia & Sagner, G. Ricardo. (2005). ubicación geográfica. En Estudio hidrológico de la subcuenca del río grande de San miguel(pp6-16). El Salvador: UCA editores.

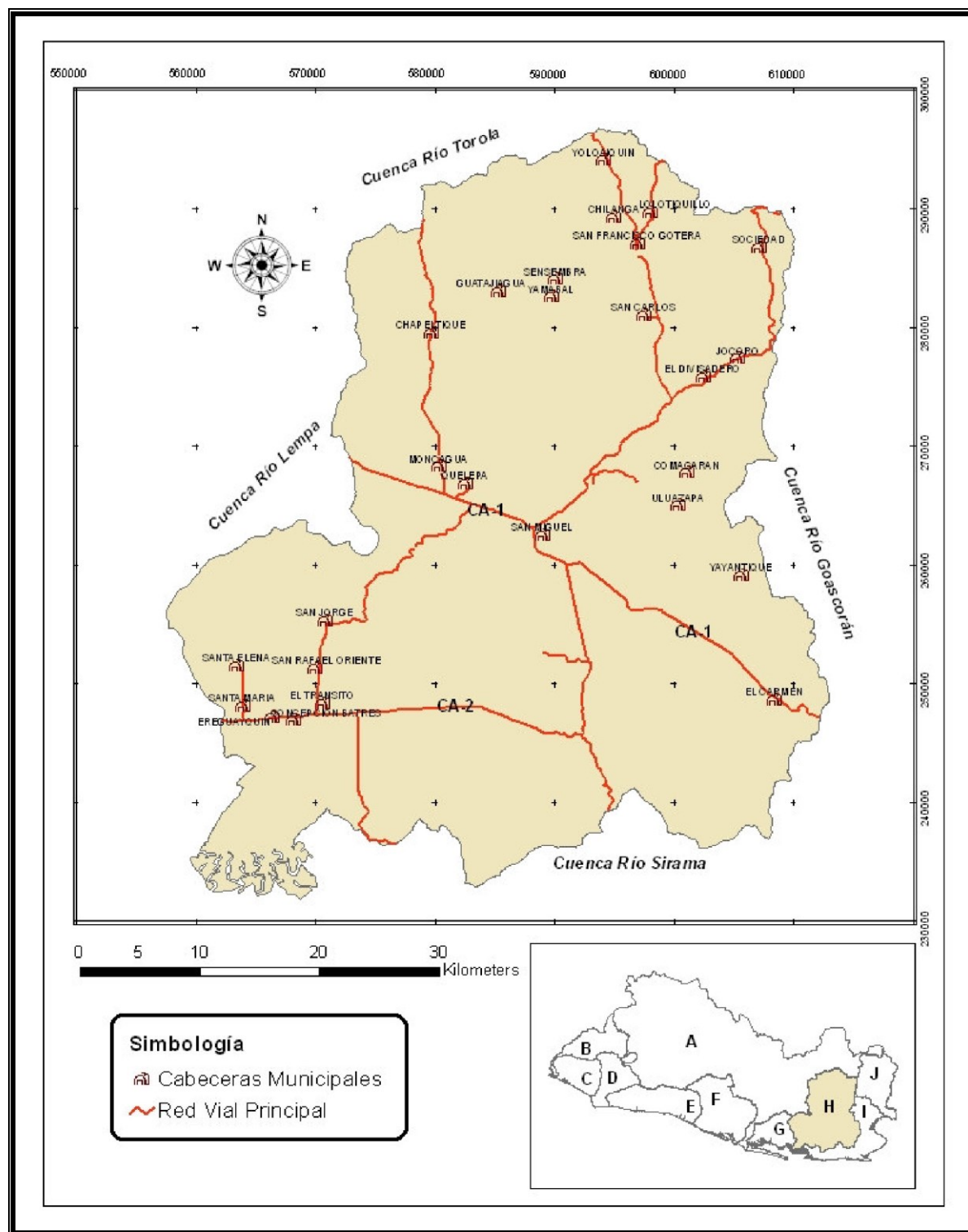


Fig. 2 Ubicación geográfica y límites de la zona de estudio

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

El drenaje de la zona de estudio se realiza a través de varios ríos afluentes al Río Grande de San Miguel, que nace cerca del cantón Joya Grande, a una elevación de 600 msnm, con el nombre de Agua Zarca.

El drenaje, en términos generales, se puede considerar como de tipo dendrítico, aunque existen áreas con drenaje radial, especialmente en la zona del volcán de San Miguel y Usulután. El Río Grande de San Miguel drena directamente a la Bahía de Jiquilisco, en el Océano Pacífico (adaptado del Documento Básico N° 3 del PLAMDARH, 1982: p.6).

En la Subcuenca del Río Grande de San Miguel la longitud del cauce más largo es de 137 km, la pendiente media es del 12.5%, y la elevación media es de 279.6 msnm. En cuanto a su drenaje superficial se pueden establecer tres zonas (adaptado del Documento Básico N.º 3 del PLAMDARH, 1982: p.7-8):

Zona alta: está constituida por el área comprendida entre la región montañosa de Cacahuatique y la Carretera Panamericana cerca de la ciudad de San Miguel. El drenaje es de tipo dendrítico, con cauces profundos y definidos con secciones transversales en forma de V; está formada por materiales impermeables, lo que produce una alta escorrentía durante la estación lluviosa, y una disminución considerable de caudales en la estación seca. Dentro de esta zona se encuentra el cauce principal o Agua Zarca y el cauce más largo, el río Guayabal y San Francisco.

Zona media: está comprendida entre la ciudad de San Miguel y la estación hidrométrica de control Vado Marín. En esta zona el drenaje es de tipo radial en la parte del volcán de San Miguel y un tanto caprichoso en algunas zonas del Río Grande en que los cauces son de corto recorrido y la mayoría de ellos se pierden en su camino hacia el cauce principal. En esta zona se tienen afloramientos de agua subterránea, específicamente en las lagunas de San Juan, El Jocotal y Aramuaca debido a la saturación de la cuenca.

Zona baja: está comprendida entre la estación Vado Marín y la desembocadura del Río Grande en donde el drenaje tiende a mantenerse apegado a los materiales antiguos. Debido al acarreo de sedimentos y la poca pendiente de esta área, el río se desborda en los meses de la estación lluviosa. Los afluentes en esta zona tienen drenaje dendrítico radial, más que todo en el área que da a los volcanes de San Miguel – Usulután

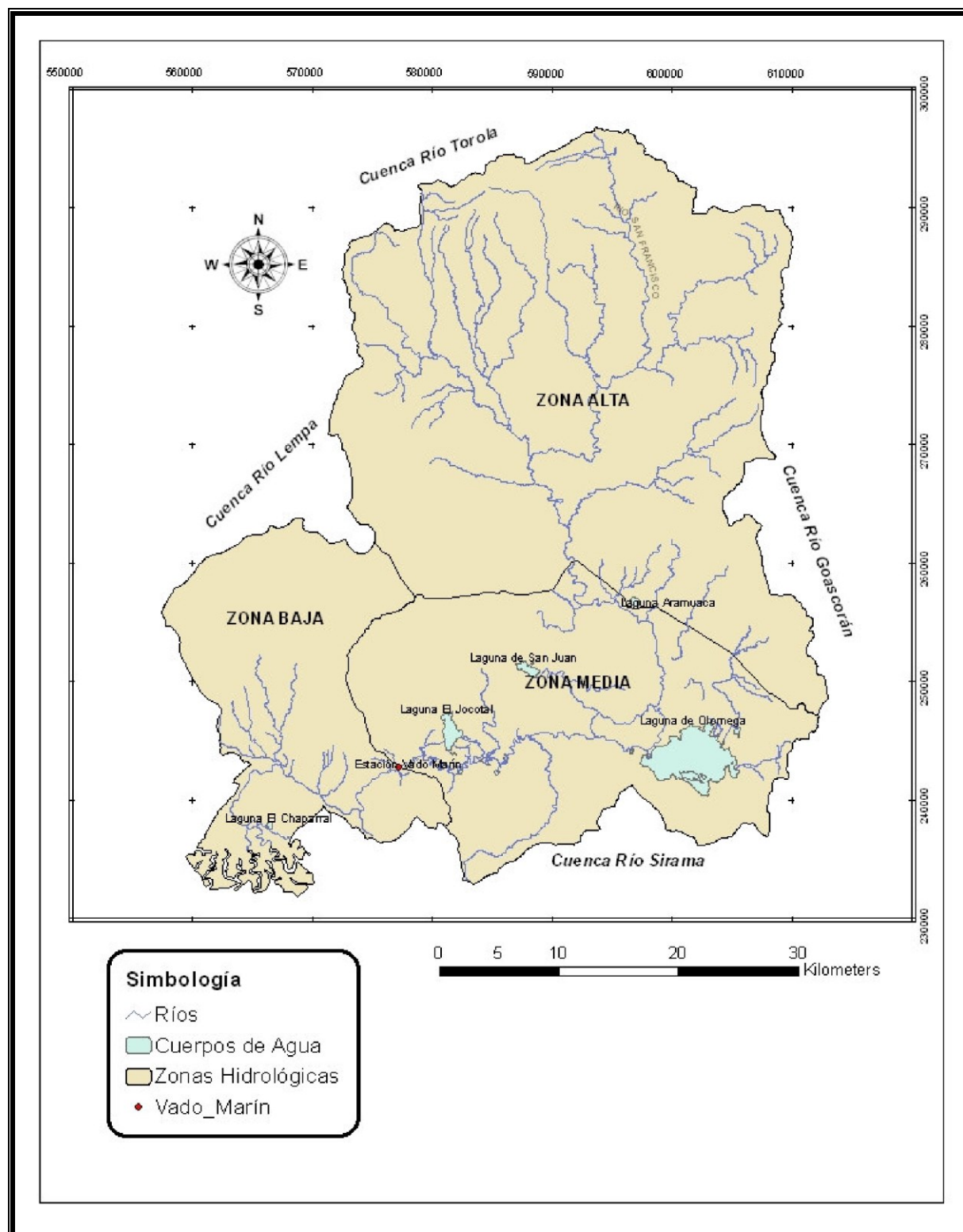


Figura 3. Hidrología Superficial de la Región Hidrográfica “H”

Histórico de Inundaciones

Inundaciones Registradas afectando al departamento de San Miguel		
Fecha	Descripción	Ríos
<u>Octubre 2016</u>	Se continúa con afectaciones en la parte baja del río Goascorán: Las Conchas, Barrancones y Candelaria La Rompición. Las afectaciones por desbordamiento del río Grande de San Miguel, en la zona del caserío Santa Fidelia y Casa Mota, continúan. Vía radio Protección Civil, dio a conocer del desbordamiento de un río en la comunidad Los Naranjos, en el municipio de Colón, departamento de La Libertad.	Goascorán, Grande de San Miguel y río en municipio de Colón.
<u>Octubre 2016</u>	Se reportan afectaciones en la parte baja del río Goascorán: Las Conchas, Barrancones y Candelaria La Rompición; adicionalmente el Río Santa Rosa, del municipio de Santa Rosa de Lima, se desbordo afectando unas viviendas. También se reportan afectaciones por desbordamiento del río Grande de San Miguel, en la carretera del litoral entre los km 139 y 143. 25 viviendas inundadas temporalmente en Barrio El Centro en parte baja del pueblo de Bolívar hasta la altura de 1 m, depto. de La Unión por crecimiento de una quebrada. Causando daños materiales	Goascorán y Grande de San Miguel
<u>Octubre 2016</u>	Se registró el desbordamiento del río Grande de San Miguel a la altura del caserío Santa Fidelia, km 130 de la carretera del Litoral.	Grande de San Miguel
<u>Junio 2016</u>	Se registraron inundaciones urbanas en el AMSS debido a lluvia intensa. Leves desbordamientos del río Goascorán en: Los Carpules y El Naranjo, jurisdicción del municipio de Piedras Blancas departamento de La Unión. Afectación en la comunidad Casamota en la parte baja de la cuenca del río Grande de San Miguel. Los Carpules y El Naranjo, jurisdicción del municipio de Piedras Blancas departamento de La Unión. Leves desbordamientos. Afectación en la comunidad Casamota en la parte baja de la cuenca del río Grande de San Miguel.	Río Grande de San Miguel Río Goascorán
<u>Junio 2016</u>	Se registraron afectaciones en algunas viviendas en la comunidad Casa de Mota del municipio de San miguel,	Río Grande de San Miguel

Inundaciones Registradas afectando al departamento de San Miguel		
Fecha	Descripción	Ríos
	departamento de San Miguel.	
Junio 2016	se reporta el colapso del puente provisional que conecta desde Chapeltique a la ciudad de San Miguel.	Rio Grande de San miguel
Octubre 2015	En río Grande de San Miguel se han reportado desbordamientos leves a moderados en diferentes puntos del cauce en la zona cercana al cantón y caserío La Canoa y cantón El Brazo. También se reportan desbordamientos en la cuenca baja del río Goascorán, en el sector cercano al Cantón Barrancones.	Río Grande de San Miguel río Goascorán
Octubre 2014	Observadores de la ciudad de San Miguel reportaron que aguas abajo del puente Moscoso se presentan afectaciones en las colonias Jardines del Rio y Carrillo. Así como el desbordamiento del Rio Grande de San Miguel en carretera litoral, km 140 del cantón La Canoa.	Rio Grande de San Miguel
Octubre 2014	Inundación en carretera Litoral Kilómetro 140, cantón La Canoa, departamento San Miguel debido al desbordamiento del Río Grande de San Miguel. Además, se reportaron Inundaciones urbanas en la ciudad de San Miguel	Río Grande de San Miguel
Octubre 2014	Como producto de las lluvias registradas en la madrugada de este día, se registraron los desbordamientos de los ríos Grande de San Miguel y Goascorán. El desbordamiento del Río Grande de San Miguel afectó el kilómetro 140 de la carretera litoral, mientras que Río Goascorán afectó las comunidades Los Naranjos y Los Carpules; pertenecientes al departamento de La Unión.	Grande de San Miguel y Goascorán
Septiembre 2014	Se registró el desborde del rio Grande de San Miguel afectando en el Caserío Santa Fidelia algunos potreros y en la carretera El Litoral (km 139-142) en el Cantón el Brazo, debido a precipitaciones del día 25-26 de septiembre.	Rio Grande de San Miguel
Septiembre 2014	¡,§ Inundaciones urbanas: Calles principales del centro urbano de Santa Ana, siendo más afectadas las calles en la zona del Mercado Municipal, calle Libertad y 4a y 5a calle	Rio grande de San Miguel

Inundaciones Registradas afectando al departamento de San Miguel		
Fecha	Descripción	Ríos
	Poniente. Cruz Roja Salvadoreña reportó inundaciones en Colonia San Antonio, Parque Colón, Colonia Santa Lucía, Colonia Apanteos y Colonia Río Zarco. La comuna de Santa Ana también reportó haber atendido afectaciones en las colonias La Libertad y Santa Eduvigés. <i>¿,¿</i> En horas de la noche (cerca de las 10:00pm) se reportaron inundaciones en la ciudad de San Miguel relacionadas con superación de la capacidad hidráulica de los sistemas de drenaje <i>¿,¿</i> Inundaciones sobre la Avenida Miguel Ángel Benet (calle antigua a La Unión).	
Septiembre 2014	<i>¿,¿</i> Problemas con el río Acahuapa, con compuertas del sistema de riego rebalsando, en departamento de San Vicente. <i>¿,¿</i> Río Grande de San Miguel se desborda sobre la carretera Litoral <i>¿,¿</i> Leve desbordamiento en la comunidad Jiboa. San Vicente Hidro 84.8mm	Río Acahuapa, Río Grande de San Miguel Río Jiboa
Septiembre 2014	El Río grande de San Miguel registro incrementos significativos en las estaciones de Villerías y La Canoa, reportándose el desbordamiento del mismo sobre la carretera del litoral en el sector de El Delirio.	Río grande de San Miguel
Octubre 2013	Desbordamiento del río Grande San Miguel, genera afectaciones en diferentes puntos: El Delirio, La Canoa, La Laguna El Jocotal, Concepción Batres, sector de Puerto Parada, Desbordamiento de río Anchila Centro, en el sector del cantón anchila. Se registraron inundaciones en los sectores: -Zona de La Bahía de Jiquilisco, San Juan del Gozo -Zona de La Pirraya, en Usulután.	Desbordamiento del río Grande San Miguel, río Anchila Centro
Julio 2013	Desborde del Río Grande de San Miguel inunda carretera del litoral a la altura del caserío Santa Fidelia, afectando también a algunos potreros. La estación Volcán de San Miguel registró un acumulado de 66.4 mm Estación La Canoa que monitorea el nivel del río en dicha zona, presentó mal funcionamiento durante este período, por lo que no se registró la crecida.	Grande de San Miguel
Junio 2013	En Zapotitán, Ciudad Arce, La Libertad, comandos de	Agua Caliente y

Inundaciones Registradas afectando al departamento de San Miguel		
Fecha	Descripción	Ríos
	salvamento informaron que evacuaron a 12 personas en colonia 30 de Abril por inundaciones en la zona. No se pudo corroborar si la inundación fue causada por el Río Agua Caliente que transita por la zona. Además, el desborde del río El Limón arrastró un muro de 7 m x 1.3 m en cantón Masajapa del Municipio San Matías en La Libertad. Estación Talnique registró 43.6 mm Por otra parte, en el departamento de San Miguel se registraron calles inundadas por escasa capacidad del sistema de drenaje urbano. Estación San Miguel reportó 23.8 mm	El Limón
Septiembre 2012	Desborde del Río Grande de San Miguel afecta 14 viviendas y contamina los pozos de agua en caserío Santa Fidelia, del cantón La Canoa; afecta otra vivienda en caserío Casamota del cantón El Brazo y anega la calle principal del caserío El Borbollón del cantón El Borbollón. Estación La Canoa registró un nivel de 4.91m debido a lluvia registrada en la parte alta de la cuenca. Desborde del Río Goascorán afecta cultivos en Los Barrancones. Estación Concepción de Oriente registró nivel de 3.0 m y acumulado de lluvia de 50.6 mm. Estación El Sauce (en río El Sauce, afluente al Gorgorán) registró nivel de 7.0 m y un acumulado de 18 mm. Río Acahuapa desborda en su confluencia con el Río Lempa anegando 300 m de zonas de cultivos. Estación San Marcos Lempa registró nivel de 5m. Estación La Quesera registró 20 mm.	Grande de San Miguel, Goascorán y Acahuapa.
Agosto 2012	Se presentan zonas anegadas desde el caserío Santa Fidelia hasta caserío Casamota, viéndose afectados pastizales y potreros. La estación La Canoa reportó los siguientes niveles relacionados con el desborde del Río Grande de San Miguel: 4.20m el 31/08/2012 4.00m el 01/09/2012 Estos niveles habrían sido provocados los acumulados de las estaciones de la parte alta de la cuenca.	Grande de San Miguel
Octubre 2011	Inundación por desbordamiento del río Gde Sn Miguel desde hace tres días, afectación, continúan anegadas las zonas de El Delirio, Cantón el Brazo, Anchila Centro.	Rio Grande de San Miguel

Inundaciones Registradas afectando al departamento de San Miguel		
Fecha	Descripción	Ríos
	Estaciones registran en: Pacayal 53.6 mm, Moropala 57.2 mm, Puerto Parada 57.4 mm.	
Junio 2011	Desborde del RGSM entre cantones La Canoa y El Brazo. Lluvias intensas se registraron en las montañas de Jucuaran. Fuente Pcivil-San Miguel y contactos de la red de observadores locales proporcionaron la información.	RG San Miguel
Junio 2011	Lluvias intensas registradas en las montañas de Jucuarán ocasionaron el tránsito de escorrentía que se derivó en el desbordamiento del río Grande de San Miguel, afectando los cantones La Canoa y El Brazo.	Rio Grande de San Miguel
Junio 2010	La Tormenta Tropical Alex y posterior huracán Alex, primer sistema ciclónico del Atlántico tuvo su influencia en territorio nacional desde el sábado 26 de junio con acumulados máximos de hasta 163 mm. Desbordamientos en río Aquiquisquillo en el depto. La Libertad; río Viejo y Tiupa en La Paz; río Arenal y LAS Cañas en Ilopango. Precipitaciones registradas: La Unión CPI 118.4 El Pacayal 145 Ataco 149.5 Ishuatan 135 Santa Rosa Guachipilin 72.6	Acelhuate, Huiza, El Jute, Muerto, Grande de San Miguel, quebrada El Transito, San Antonio, El Amatillo, Goas Corán, Sensunapan, Paz, El Astillero, El Tunco, Lempa, río Cauta, laguna El Jocotal.
Mayo 2010	A finales del mes de mayo, el país se vio afectado por la Tormenta Tropical Agatha, el primer fenómeno ciclónico del pacífico. Las mayores precipitaciones se registraron entre el día 29 y 30 de mayo, con un registro máximo acumulado de 483 mm en 24 horas. Todo el territorio nacional se vio afectado por condiciones atemporadas registrándose acumulados que sobrepasaban los 100 mm en casi todas las estaciones meteorológicas. Estas lluvias ocasionaron el desbordamiento de la mayor parte de los ríos del país, ocasionando serios problemas en todo el territorio nacional, con mayor afectación en las desembocaduras de	Huiza, Muerto, Melara, Aquiquisquillo, río Grande de SMI, río Jiboa, río Goascorán, río Pasaquina, río Paz, río El Sauce, río Chaguite, río Tilapa, río Sumpul, río

Inundaciones Registradas afectando al departamento de San Miguel		
Fecha	Descripción	Ríos
	los principales ríos. Las lluvias máximas registradas para este fenómeno fueron: * EL PACAYAL 124.4 * TECOLUCA 151.8 * JERUSALEM 136.8 * TEPEZONTES 235.8 * ZACATECOLUCA 123.4 * SANTIAGO NONUALCO 114.2 * ATACO 416.8 * ISHUATAN 101.6 * BELLOSO 132.8 * MONTECRISTO 124.6 * BOQUERON 240 * SNET 148.8 * LA UNION CPI 178 * SAN ANDRES 138.9 * AHUACHAPAN SM 152.9 * NVA CONCEPCION 123.2 * CERRON GRANDE 106.7 * SENSUNTEPEQUE 112	Lempa, laguna Olomega, río Cauca.
Octubre 2008	Los habitantes de la hacienda Casa Mota, del cantón El Brazo, en San Miguel, se encuentran preocupados por la saturación de agua que presenta el suelo producto de los desbordamientos del río Grande. Dicha situación ha generado que los pozos y las fosas sépticas rebalsen y contaminen la comunidad. EDH	Río Grande de San Miguel
Septiembre 2008	La crecida en el nivel de la laguna El Jocotal en San Miguel, provocó pequeñas inundaciones en los patios de las viviendas de al menos 35 familias que habitan en el cantón el Borbollón. Las lluvias aumentaron este cauce en metro y medio. El agua se salió en cerca de 120 metros de longitud. EDH	Laguna el Jocotal
Septiembre 2008	Muere un niño al caer al Río Grande de San Miguel. Héctor Antonio Díaz, de 9 años, murió ahogado al caer accidentalmente al río Grande crecido por las precipitaciones en Honduras y el norte del país. LPG Se registraron lluvias intensas y locales.	Río Grande de San Miguel
Junio 2006	Muchas comunidades se encuentran al borde de ser afectadas por desbordamientos del río Grande de San Miguel.	Grande de San Miguel.
Mayo 2005	Unas 300 personas de las zonas bajas del Río Grande de San Miguel, han sido trasladadas a 13 alberges en la cabecera departamental. Fuente: La prensa grafica	Grande de San Miguel
Mayo 2005	Inundación en urbanización Jardines del río por	Rio Grande de

Inundaciones Registradas afectando al departamento de San Miguel		
Fecha	Descripción	Ríos
	desbordamiento del Rio Grande de San Miguel. Fuente COED San Miguel. Lluvias generadas por huracán Adrián. Fuente Servicio Meteorológico.	San Miguel
Octubre 2004	Cultivos anegados en colonia Carrillo, San Miguel. Fuente: Comunicación con COED San Miguel	
Septiembre 2004	El aumento del nivel del Rio Grande de San Miguel por las lluvias ocurridas, comenzó a inundar cultivos y terrenos donde permanece el ganado en la zona del Tecomatal. Según los afectados, la falta de una borda en un tramo de cinco kilómetros facilita que el río se salga de su cauce e inunde los terrenos. Fuente: El Diario de Hoy. Lluvias generadas por línea de inestabilidad que se desplazó sobre región. Altos niveles de humedad sobre Centroamérica favorecen el desarrollo de la línea de inestabilidad o área de desarrollo convectivo que se desplaza y recorre el país. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, SNET.	Río Grande de San Miguel

La información de inundaciones ha sido recopilada a partir de bases de datos, documentos e informes de prensa y publicados por la SNET disponible en [<http://mapas.snet.gob.sv/hidrologia/select.php>]

2.2.3. Del Desarrollo de Software Especializado

SISTEMA PLUVIOMETRÍA 2.0

El post procesamiento de los datos RAW obtenidos de un Data Logger, bien de forma automática (transmisión de datos) o mediante procedimientos manuales (a través de un computador portátil), conlleva la ejecución de un procedimiento mecánico que suele tardar varias horas/hombre; al final, el operador logra obtener un archivo ASCII con valores de precipitación instantánea, diaria y mensual, medidos en unidades de ingeniería (mm de precipitación). Para optimizar el tiempo de ejecución de este proceso y, por lo tanto, facilitar la operación misma de la red, la EMAAP-Q conceptualizó y desarrolló un sistema denominado “pluviometría 2.0”, que integra los algoritmos de procesamiento de la precipitación con las funciones inherentes a los programas SIG.



Figura 4 Pantalla de bienvenida Sistema Ríos

El programa permite la comprobación, in situ, de la precipitación registrada por el Data Logger (Vitel VX1004) de la estación; por ejemplo, si la precipitación no fue almacenada correctamente o se produjo algún imprevisto que distorsionó el valor de la medición, el operador puede identificar el problema e inmediatamente implementar las medidas necesarias para solucionar tal eventualidad. Además, su funcionalidad SIG, permite al operador consultar la información general de la estación y de los diversos componentes instalados allí; también puede consultar el mapa de ubicación de la estación y su posición con relación a otras estaciones que conforman la red. 6? “Pluviometría 2.0”, consiste en un programa aplicativo, construido mediante el software de desarrollo de aplicaciones Visual Basic 6.0 y el software de desarrollo de aplicaciones geográficas SIG MapObjects 2.2. El programa Visual Basic, de MicroSoft, es un lenguaje de programación IDE (Integrated Development Enviroment) que está integrado por los siguientes componentes: un editor de código, un depurador, un compilador y un constructor de interfaz gráfica o GUI. En tanto que el programa MapObjects, de ESRI, es una colección de componentes destinados para mapeamiento y funciones SIG.

SmartyRiver

Smarty River es una aplicación completa que permite, de un modo sencillo y en tiempo real, registrar, visualizar, gestionar alarmas y compartir datos sobre la monitorización y el estado de ríos y embalses. Estos datos son recogidos por las Estaciones de Sensores y enviados a la aplicación web. Smarty River es una solución sensorial autosuficiente diseñada específicamente como sistema de ayuda a la decisión en caso de riesgo de inundación en poblaciones, campings, paseos fluviales, urbanizaciones. Con esta tecnología se reducen los costes de las grandes infraestructuras de los sistemas de alerta o de aforo de acequias, aforos, embalses, desagües.



Figura 5 Smart River

2.3. JUSTIFICACIÓN

La región Centroamericana con frecuencia sufre alteraciones climáticas por escasas o exceso de lluvias provenientes ya sea del mar Caribe o del océano Pacífico. Dichas alteraciones climáticas son influenciadas por el fenómeno de la niña o el niño y la época de invierno cuyo efecto genera inundaciones en las partes bajas de los márgenes de los ríos y otros cuerpos de agua, así como también en la zona costera.

Existen entidades gubernamentales que dedican su razón de ser al tratamiento de estas eventualidades, sean estas causadas por sismos, erupciones volcánicas o inundaciones, ya que El Salvador no está exento a la ocurrencia de estos fenómenos y son las Alcaldías Municipales o Protección Civil las entidades que en primera instancia ofrecen ayuda a las comunidades en las cuales se suscitan dichas adversidades. Estas instituciones se ven beneficiadas por el sistema SATCA web (Sistema de Alerta Temprana para Centro América), Proyecto de gestión de riesgo y Alerta Temprana impulsado por el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas³, el cual presenta información gráfica y en tiempo real del clima en la región centroamericana y el caribe, así como también de eventos como terremotos o erupciones volcánicas. Otro de los sistemas para el monitoreo es proporcionado por la SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales) específicamente para El Salvador a través del Sistema de Referencia Territorial (SRT)⁴, que comparte la información entre las entidades pertinentes. En el caso de inundaciones y a pesar de que el acceso a dichos portales web antes mencionados es público, las comunidades en las cuencas del río Grande de San Miguel tales como Cantón La Canoa, colonia Río Grande, Col Jardines del Río, no cuentan con la tecnología o recursos necesarios para tener acceso a dicha información ya que a lo sumo poseen los servicios

³ Disponible en www.satcaweb.org

⁴ Disponible en www.snet.gob.sv/SRT/mail.swf

básicos de energía eléctrica y entre sus medios de comunicación como teléfonos celulares, televisión o radio, los dos últimos son medios en los que la información les llegara cuando un evento de inundación en este caso ya es un hecho.

Por ello se ha identificado la necesidad de que estas comunidades puedan contar con un sistema que permita predecir con suficiente tiempo, la ocurrencia de riesgo de inundación, para prevenir a los pobladores a través de mensajes de texto en su celular sobre el nivel del río grande en épocas de lluvia, de tal forma que sus habitantes, ya sea por sus propios medio o mediante el apoyo de las instituciones respectivas puedan evacuar sus pertenencias y a ellos mismos, y así minimizar el riesgo de pérdidas materiales y humanas.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar y diseñar un sistema digital para detección temprana y anuncio oportuno de alto riesgo de inundaciones, para la evacuación y resguardo de las vidas en orillas del río grande de san miguel.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar los datos e información para el desarrollo de la estación hidrométrica.
2. Diseñar el prototipo de la estación hidrométrica.
3. Construir el prototipo de la estación hidrométrica.
4. Probar la comunicación de la estación hidrométrica a través de mensajes de texto a celulares.
5. Identificar las comunidades afectadas por el desbordamiento del río grande.

4. HIPÓTESIS

El análisis y diseño de un sistema digital para detección temprana y anuncio de alto riesgo de inundaciones proporcionarán información oportuna para la evacuación y resguardo de las vidas en orillas del río grande de san miguel.

5. MARCO TEÓRICO

Las inundaciones son fenómenos naturales recurrentes, es decir, que suceden de manera repetida y que son parte del ciclo natural del clima. Estos eventos son causados por altas precipitaciones durante periodos prolongados (periodos de lluvias) que aumentan el caudal y cauce de ríos. La lluvia genera subsecuentes desbordes, deslizamientos, movimientos de masa, huaicos, aluviones, etc. Quienes son

más afectados por las inundaciones son las personas que viven cerca de ríos o en áreas de inundación de poca altura.

5.1. ¿QUÉ ES UN SAT?

Un sistema de alerta temprana es un conjunto de mecanismos (sensores) y acciones que están orientadas para advertir de forma oportuna a una población sobre un peligro causado por un desastre inminente o en desarrollo, de modo que las comunidades y las organizaciones amenazadas se preparen y actúen de forma organizada y con suficiente tiempo para realizar procedimientos previamente definidos y reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas humanas, materiales o daños de consideración.

Esta definición abarca los diferentes factores necesarios para lograr una respuesta eficaz ante las alertas emitidas. Un sistema de alerta temprana, SAT, consiste en la transmisión rápida de datos que active mecanismos de alarma en una población previamente organizada y capacitada para reaccionar. El suministro de información oportuna se realiza por medio de las tecnologías necesarias y las instituciones encargadas, lo que permite a las personas expuestas a la amenaza tomar acciones para reducir el riesgo y prepararse para una respuesta efectiva.

Los SAT son procesos que funcionan todo el tiempo, ya que de esto depende su capacidad de informar con poco tiempo de anticipación sobre la inminencia de un peligro, y deben ser mejorados continuamente, aprendiendo de experiencias anteriores.

5.2. TIPOS DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES

El SAT Centralizado es un sistema que utiliza tecnología que requiere de conocimiento técnico experto en lo que se refiere a la observación y monitoreo del fenómeno y en la elaboración del pronóstico de crecida. La observación y monitoreo se basa en redes telemétricas de estaciones de lluvia y nivel de los ríos, que permiten pronósticos de crecida precisos y con anticipación. Se apoya en redes de observación global, como el radar, que permiten desarrollar modelos y pronósticos de tiempo y utiliza una base científica que requiere la participación de profesionales con conocimiento y entrenamiento avanzado para desarrollar modelos Hidrometeorológicos en los cuales se basan los pronósticos de crecidas. Estos pronósticos permiten la difusión de avisos con antelación a las alertas, aumentando así el tiempo de preparación.

El SAT de inundaciones comunitario es un sistema sencillo que se caracteriza por el uso de equipo de bajo costo y de fácil manejo, operado por miembros de las comunidades, tanto en los componentes de observación y monitoreo del fenómeno como en la comunicación de la alerta. Están basados en la participación activa de voluntarios de las comunidades que viven en la cuenca donde se ha establecido el SAT. Los voluntarios cumplen funciones de trabajo en la respuesta, pero también participan en tareas de prevención con obras de mitigación de bajo costo y que no requieren de conocimiento técnico experto. El papel del voluntario en el control y monitoreo hidrometeorológico es de vital importancia en estos sistemas.

Un sistema de alerta temprana comprende 5 elementos fundamentales:

- Conocimiento del riesgo
- Observancia y monitoreo
- Análisis y pronóstico de las amenazas
- Comunicación o difusión de las alertas y los avisos
- Capacidades locales para responder frente a la alerta recibida

Una debilidad o falla en cualquiera de estos elementos da por resultado que falle todo el sistema.

También se utiliza la expresión “Sistema de alerta de principio a fin” para hacer énfasis en el hecho de que los sistemas de alerta temprana deban abarcar todos los pasos, desde la detección de una amenaza hasta la respuesta comunitaria.

Lograr la sostenibilidad operática a largo plazo de un SAT requiere un compromiso político y una capacidad institucional duradera, las cuales dependen a su vez de la concientización pública y la apreciación de los beneficios de un SAT.

Debe existir una fuerte integración entre sus componentes. Debe entenderse que un SAT es mucho más que un instrumento de medición o de comunicación y que el conocimiento científico para pronóstico de amenazas y emisión de alertas. El SAT debe ser visualizado como un sistema de información diseñado para facilitar la toma de decisiones de manera que faculte a sectores vulnerables y grupos sociales a mitigar los daños y pérdidas potenciales que puedan derivarse de ciertas amenazas.

5.3. COMPONENTES DE LOS SAT

Base de monitoreo de río: Esta base se compone de concreto reforzado, se ubica a orilla del río, la cual está diseñada para soportar fuertes crecidas. Cuenta con tres accesos de agua, con el objetivo que ésta se introduzca y marque los niveles de crecida del río.

Sonda de inmersión para la medición de niveles de río: Este es el elemento que se introduce dentro de la base de monitoreo. La sonda cuenta con una serie de sensores de nivel a cada 14 cms. los cuales registran el aumento del caudal del río, enviando la información por medio de una línea de transmisión a la vivienda del voluntario.

Estación local de monitoreo: Este equipo se instala en un lugar estratégico, el cual informa de manera gráfica y textual como se encuentra el comportamiento del río y el tipo de alerta en que se encuentra. La información que se almacena localmente y automáticamente envía en tiempo real la información a una oficina de monitoreo, utilizando tecnología GPRS. Ésta es registrada y, en un lapso de segundos, es enviada a los voluntarios de las comunidades de la parte baja de la cuenca informando de la situación en que se encuentra el río aguas arriba.

Sensores de nivel de agua o nivel de crecimiento de río: Un tipo de sonda que contiene una serie de terminales sensibles a la humedad y al agua y que al contacto con el agua emiten una señal de presencia de líquido a un circuito electrónico, existen dos tipos, aérea y por inmersión.

Por Inmersión: Estos pueden ser instalados dentro de la cuenca del río, a una distancia prudente considerados con una regla graduada milimétricamente.



Foto 1: Sensor por inmersión, utilizando regla telemétrica.

Aérea. Se instalan en la parte superior aérea, y toma lecturas con sistema de infrarrojos que permite determinar la altura del río en un tiempo determinado.



Foto 2 Estación SAT Centralizada aérea y Fuente de comunicación y alimentación eléctrica

En el país están en funcionamiento y operación 20 sistemas de alerta temprana por inundación instalados en diferentes cuencas del territorio nacional. Estos SAT están conformados por estaciones que cuentan con equipos automáticos de medición de lluvia, nivel de ríos que registran y transmiten la información en tiempo real hacia el Centro de Monitoreo en las oficinas centrales del MARN. Los SAT apoyados con información del pronóstico hidrológico y meteorológico, emiten avisos dirigidos a las comunidades, tomadores de decisión, funcionarios locales y del gobierno central, cuando se prevé la existencia de riesgos por la amenaza de inundaciones en alguna zona.

Una parte importante de los Sistemas de Alerta Temprana son las comunicaciones y principalmente las redes de observadores locales, quienes reciben y divulgan, de manera inmediata, la información en territorio y además retroalimentan con información al equipo técnico del Centro de Monitoreo, logrando con ello aumentar la efectividad de los resultados, la figura 6 es un ejemplo de las aplicaciones que el MARN utiliza para informar a la ciudadanía respecto a pronósticos del clima.

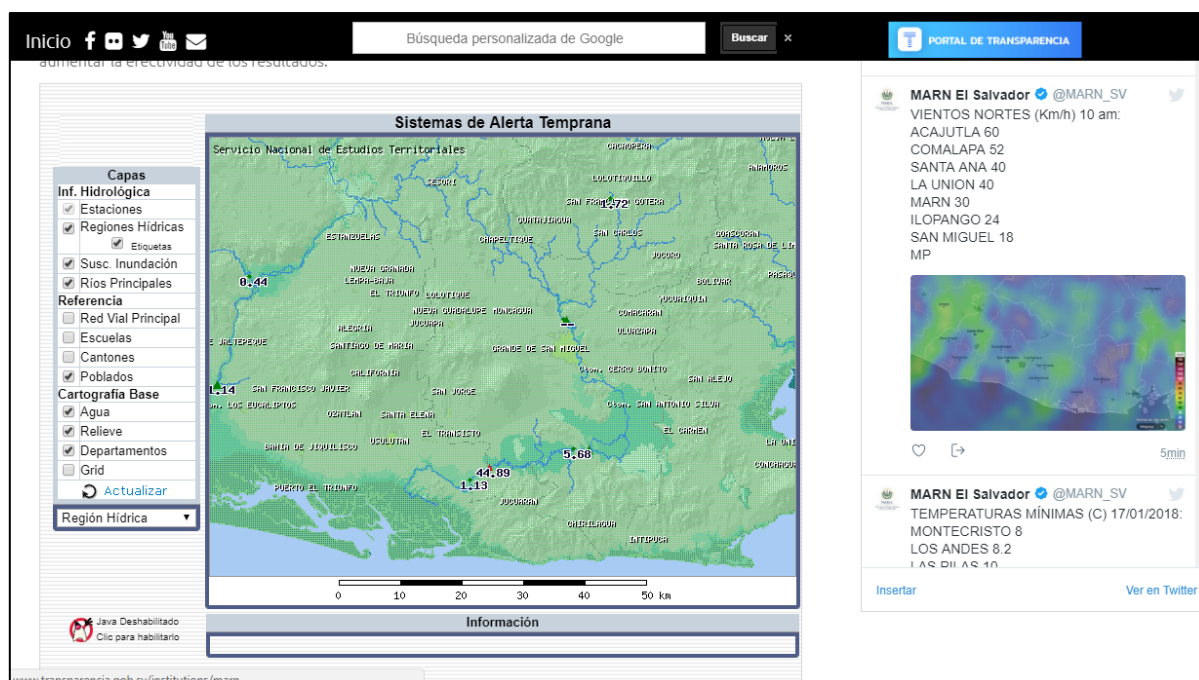


Figura 6: Mapa de riesgo, Servicio Nacional de Estudios Territoriales, disponible en www.marn.gob.sv

6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del presente proyecto fue necesario la dedicación total del equipo investigador para indagar sobre las comunidades vulnerables a fenómenos ocasionados por las lluvias, visitando las zonas expuestas a riesgos, además de un minucioso estudio de las crecidas del río durante todo el año 2017, en un punto específico (Puente Urbina, río Grande de San Miguel) en donde se definieron las alturas y niveles del río para determinar las diferentes alertas.

Además, para dar esa respuesta a la problemática que se tiene en las comunidades vulnerables a inundaciones, se investigaron las tecnologías emergentes, que se usan en la industria, automatización y sistemas inteligentes, para la creación de un producto que valiéndose de las características de los elementos investigados dé información veraz y oportuna de las crecidas del río en temporada de invierno a las entidades gubernamentales y ONG's pertinentes.

Y es así como el análisis de estas herramientas permitió determinar las características y aplicaciones del equipo tecnológico adquirido, el cual está diseñado para fines diferentes a los propuestos en esta investigación, y al ser combinados podrán ser la respuesta a las necesidades planteadas en la investigación y así crear un prototipo de estación telemétrica inteligente, con su propio sistema digital que le permita comunicar en tiempo real las crecidas del río grande a las entidades correspondientes.

El método de trabajo desarrollado en la presente investigación consta de las siguientes tres etapas:

1. Medición y análisis de las crecidas del rio grande a la altura del puente Urbina.
2. Análisis e investigación del equipo tecnológico
3. Diseño de la estación telemétrica

7. RESULTADOS

Al finalizar el proceso investigativo, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Identificación de las comunidades afectadas por las inundaciones
2. Equipo tecnológico para el diseño de la estación telemétrica
3. Intercambio de información entre estación remota, servidor web y dispositivos móviles.

7.1. MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LAS CRECIDAS DEL RÍO GRANDE

Para la elaboración del Análisis Regional de Crecidas Máximas, se consideró la información básica registrada en un punto el cual fue la cuenca del rio Grande a la altura del puente Urbina en la ciudad de San Miguel, en la cual existe un sistema de alertas temprana comunitaria. Para la recopilación de datos, se realizó una campaña especial de cálculos periódicos, Para ello, se realizaron las revisiones mensuales de las crecidas del rio en época de invierno y temporadas en las que la cuenca del rio grande se ha visto afectada por fenómenos naturales tales fueron los casos de: la tormenta NATE, KATIA, entre otros. La figura 9 muestra la ubicación en donde se tomaron las medidas de las crecidas.

Las comunidades identificadas afectadas por las inundaciones provocadas por los desbordes del río grande son: Colonia Rio Grande, Cantón La Canoa, Laguna El Jocotal y Puerto Parada.

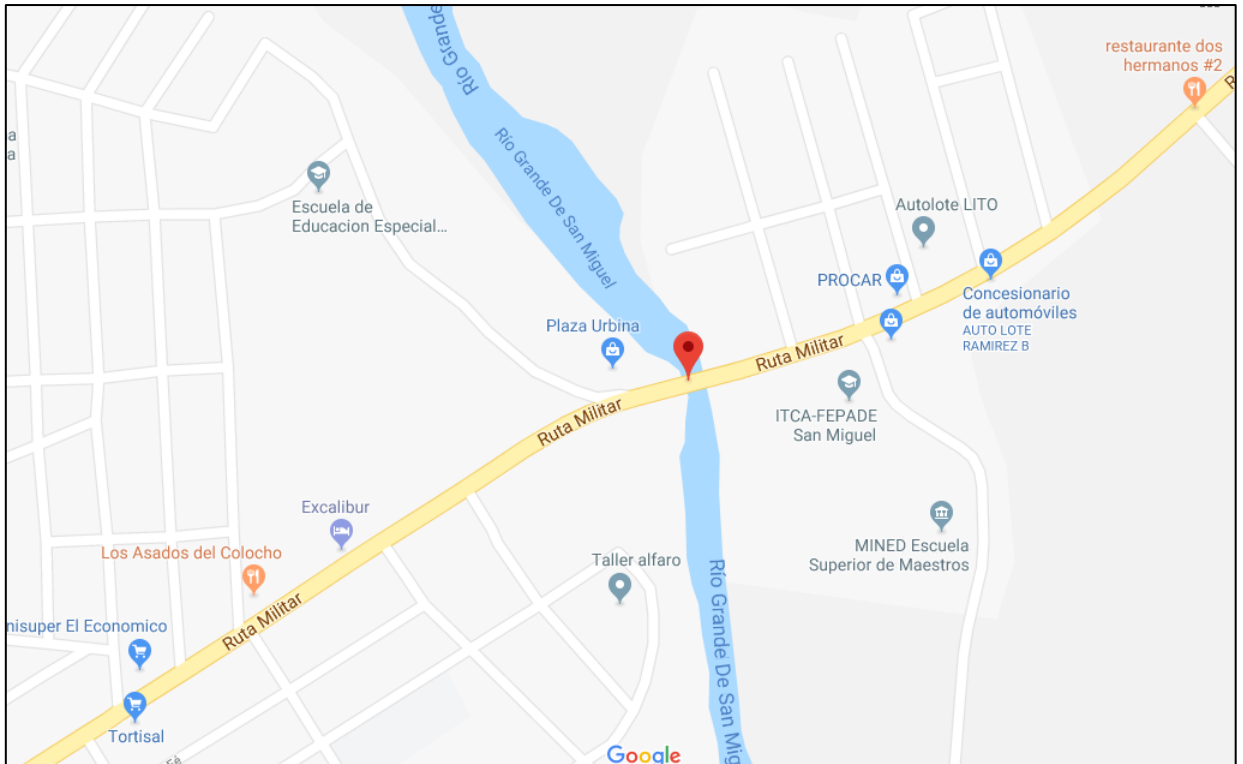


Figura 7: Ubicación geográfica del puente Urbina en San Miguel. 13.500065, -88.164859

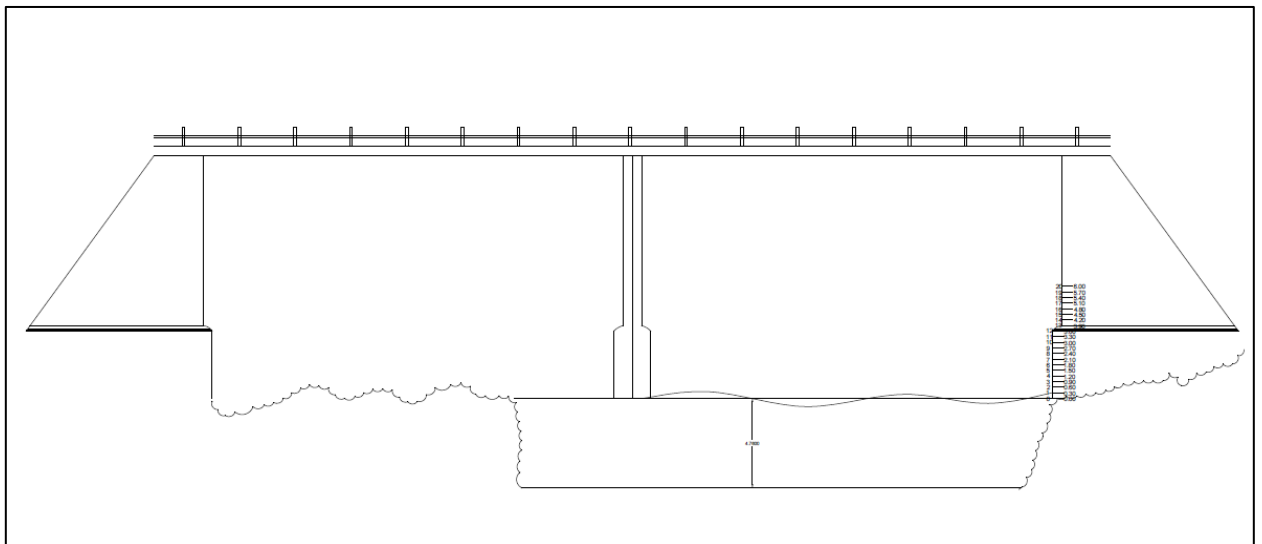


Figura 8: Puente Urbina

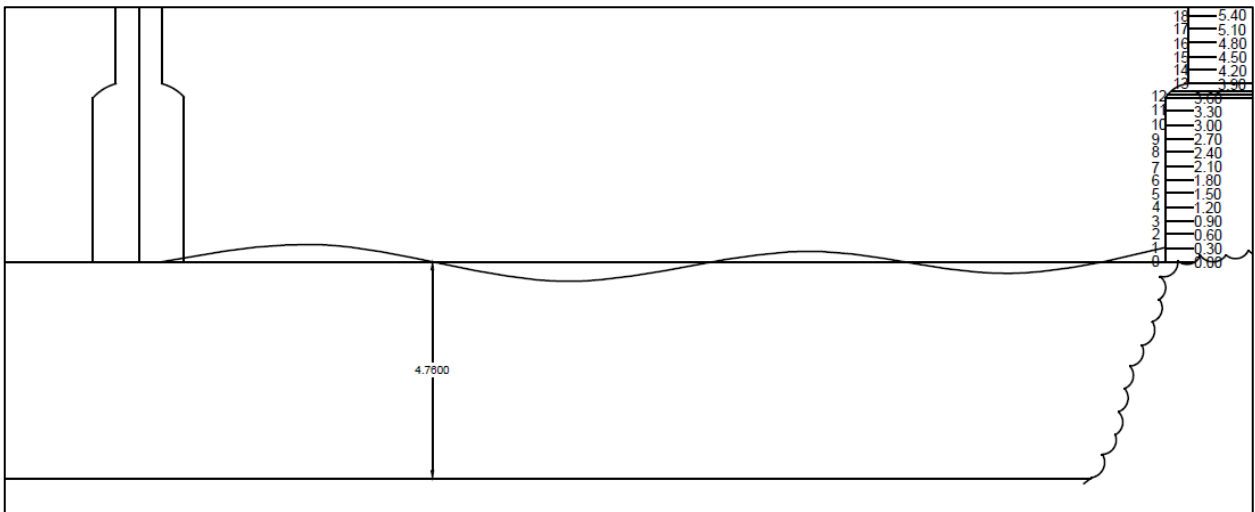


Figura 9: profundidad del rio en verano (épocas de no lluvia 4.7mts)

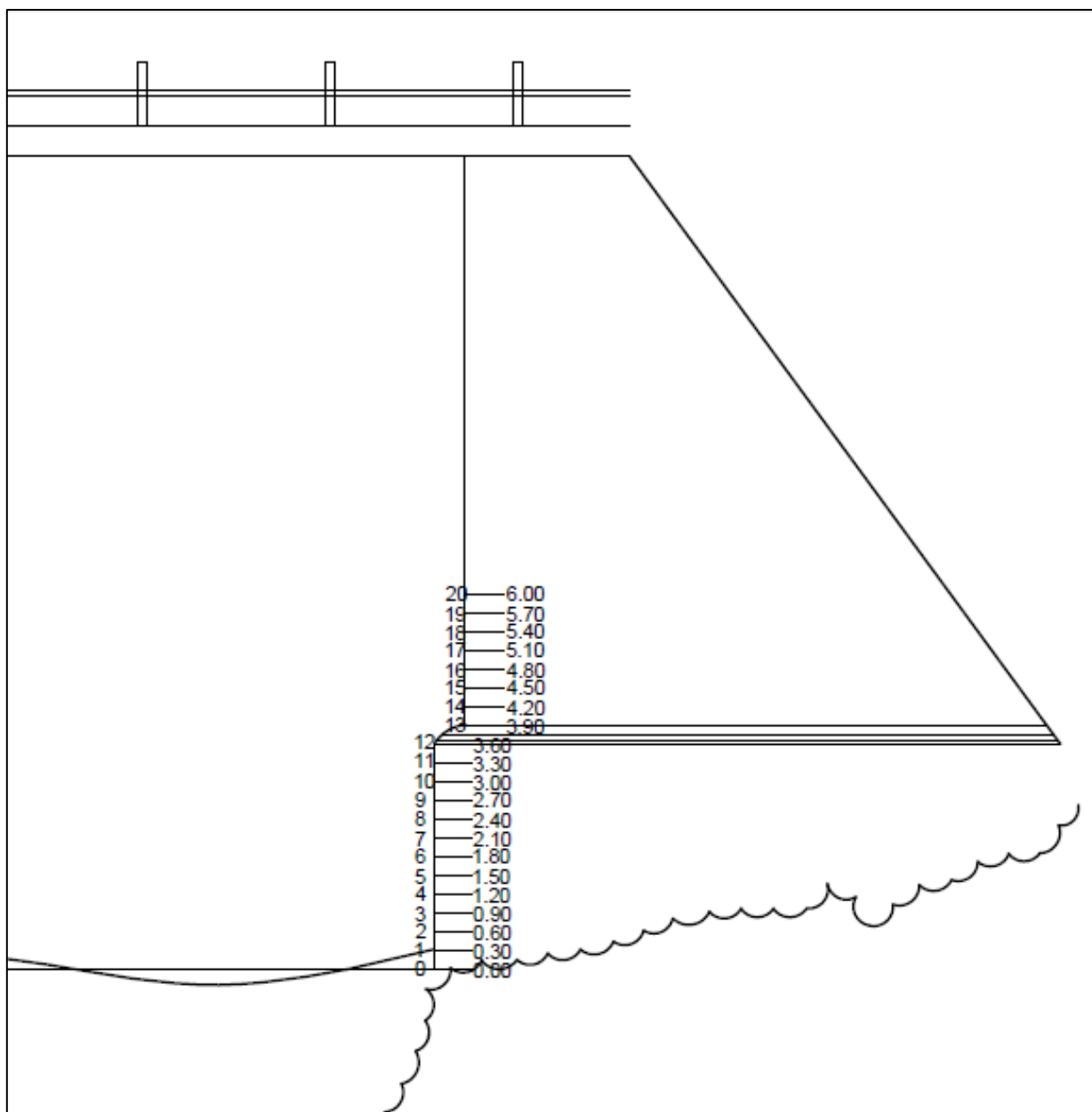


Figura 10: Escala de medición en un extremo del puente Urbina

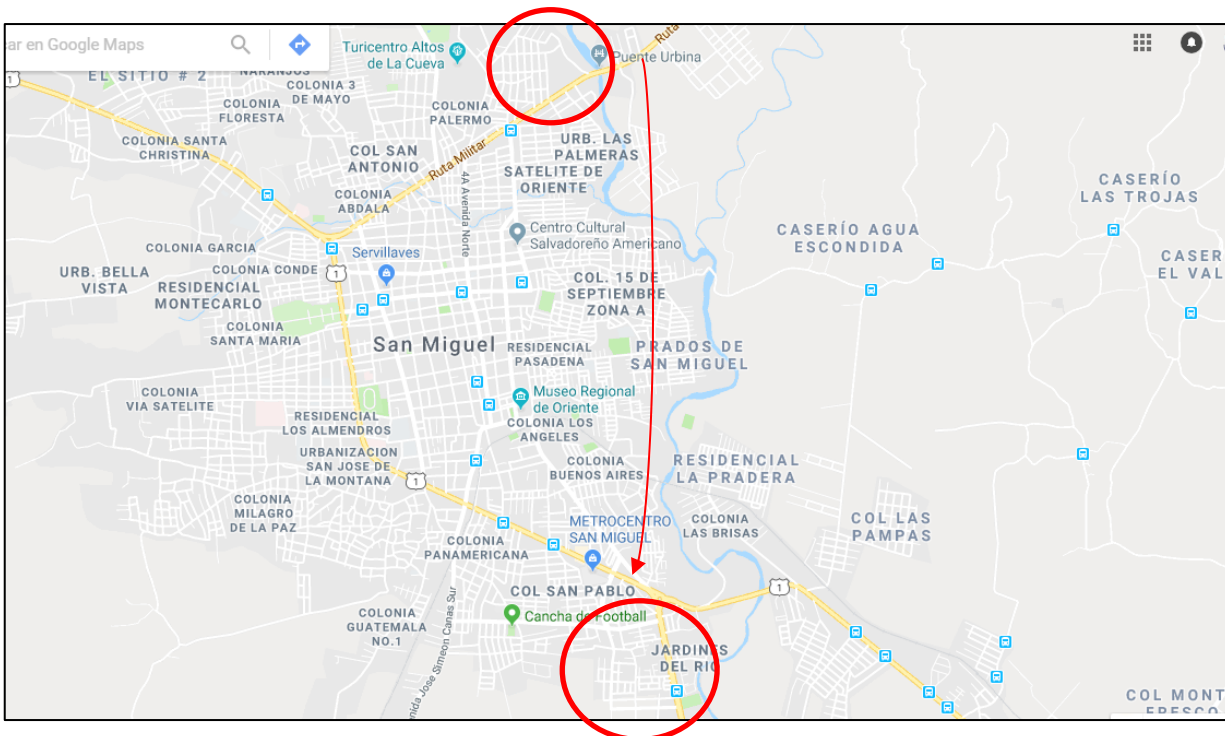


Figura 11: Recorrido del Rio Grande a través de las colonias de la ciudad de San Miguel, desde el puente Urbina pasando por la colonia Jardines del Rio, una de las más afectadas.



Foto 3: Crecida del rio en puente Urbina alcanzando los 15 metros de altura sobre el nivel normal.



Foto 4: Desborde del Rio Grande a la altura de la colonia Rio Grande



Foto 5: Desborde del Rio Grande a la altura del caserío Santa Fidel, Cantón La Canoa



Foto 6: inundación en Cantón La Canoa



Foto 7: Inundación en Cantón La Canoa



Foto 8: Inundación en laguna El Jocotal



Foto 9: Inundación en Puerto Parada

7.2. ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN DEL EQUIPO TECNOLÓGICO

7.2.1. Software

HOBOWare®

Potente, intuitivo y único: utilizado para poner los datos o lecturas en uso productivo, permite trazar o exportar datos a hojas de cálculo y realizar así un análisis más intuitivo. HOBOWare® Pro es fácil de configurar y su interfaz intuitiva, de apuntar y hacer clic, hace que sea más fácil de ejecutar. Esta aplicación de registro de datos es compatible con todos los registradores de datos HOBO y nodos de datos inalámbricos.



Figura 12: HOBOWare Pro, pantalla de inicio

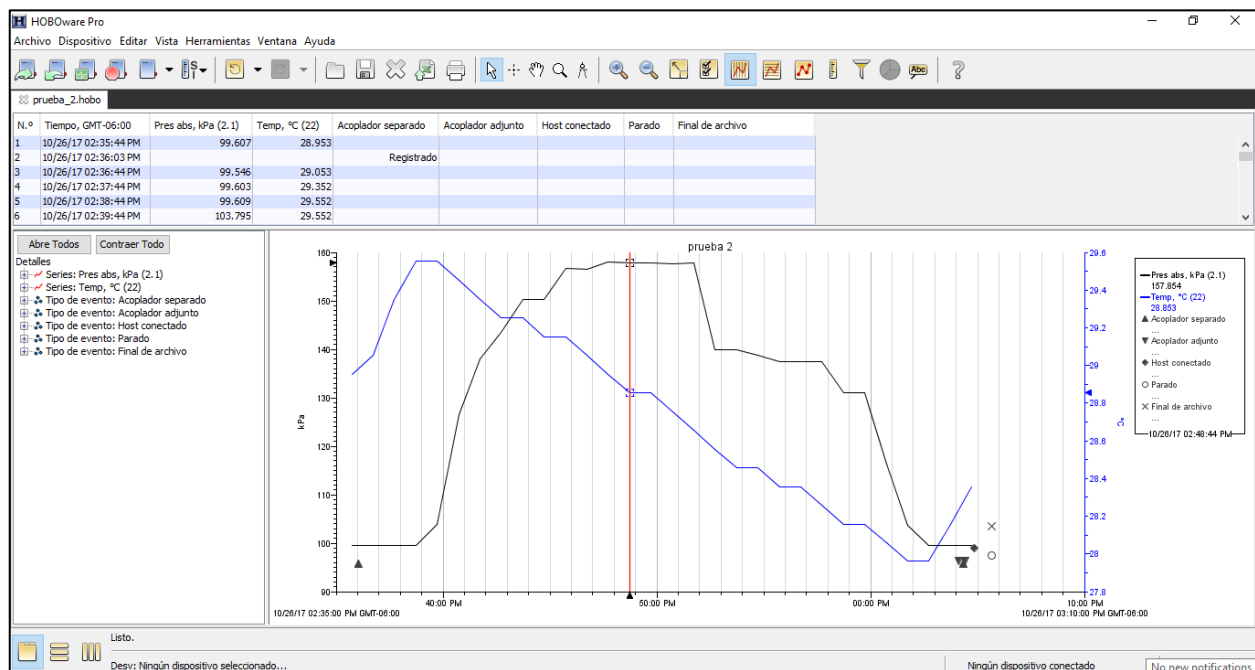


Figura 13: Gráfico estadístico de presión y temperatura registrados por el sensor ante el aumento y disminución del volumen hidráulico en una región.

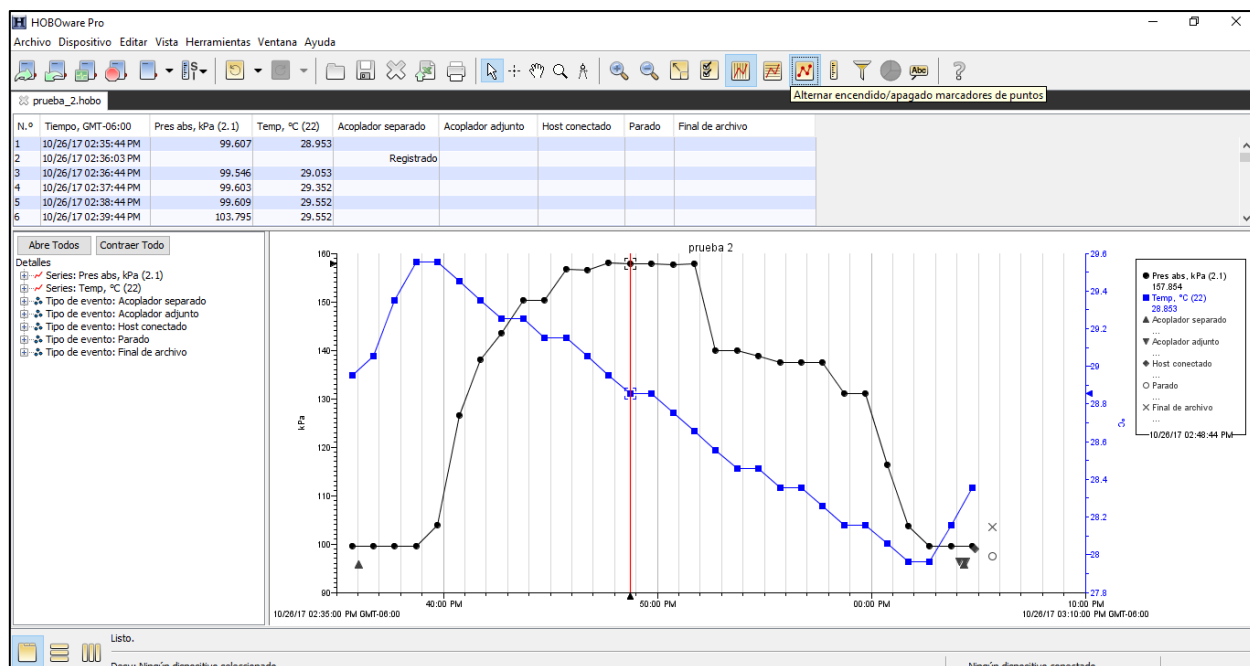


Figura 14: Gráfico estadístico de presión y temperatura y escala de tiempo

GPRS RTU SOFTWARE

CWT5111 GPRS RTU habilita varios tipos de dispositivos con I / O y AD y protocolos estándar para comunicarse a través de la red GSM / GPRS e Internet de manera fácil y gratuita. Puede construir un túnel de datos GPRS sin problemas entre el extremo host y el extremo remoto, asegurando una comunicación eficiente para la transmisión de datos y la administración remota de dispositivos. CWT5111 es una solución ideal para automatización de fábrica, monitoreo ambiental y administración remota de dispositivos para la industria M2M.

Hay un chip microprocesador incorporado que se ejecuta en un sistema operativo en tiempo real. Da respuesta inmediata a cualquier cambio en las condiciones tanto de entrada como de salida. Un módem GSM está integrado en la RTU, el usuario tiene que suscribirse a una tarjeta SIM para la RTU. La RTU se puede instalar en cualquier ubicación con cobertura GSM

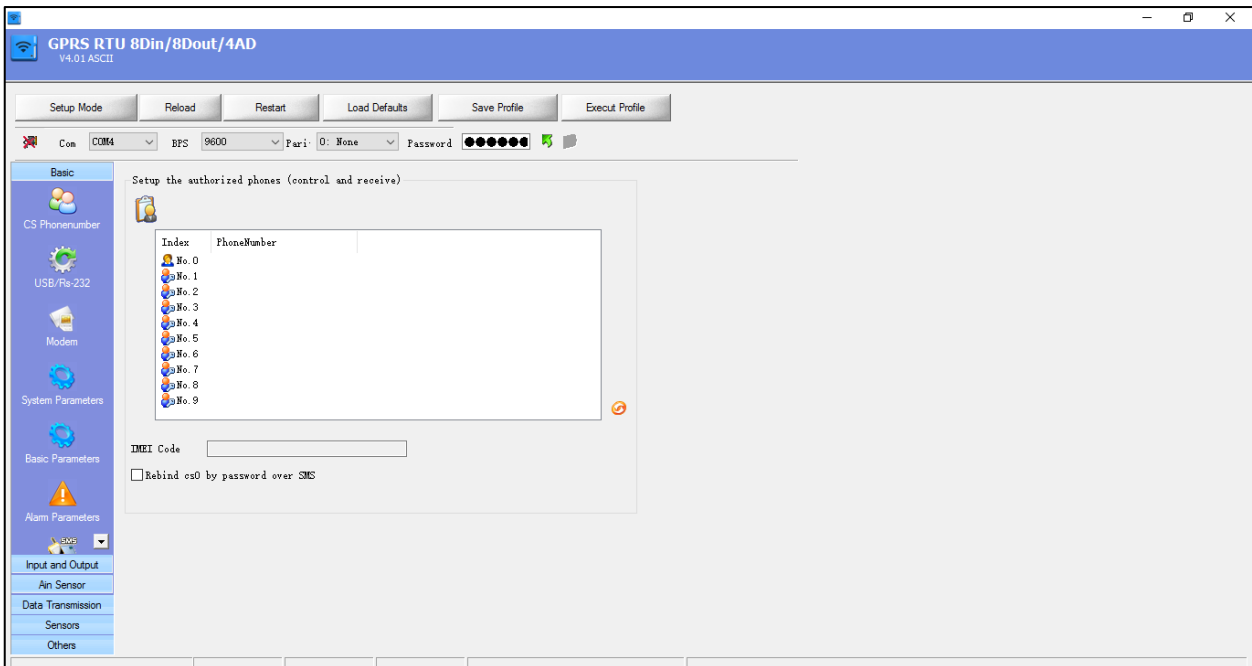


Figura 15: CWT5111 GPRS RTU Software de control y configuración.

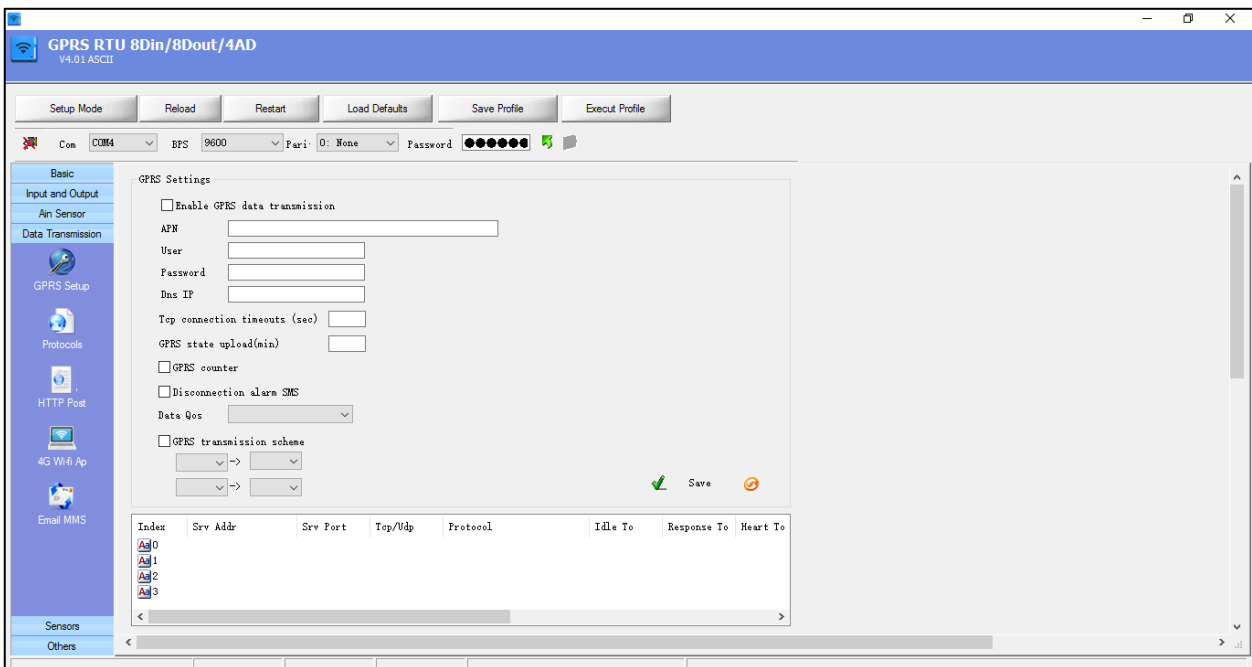


Figura 16: CWT5111 GPRS RTU Software de control y configuración.

La estación CWT5111 GPRS RTU permite además el monitoreo remoto a través del servidor web del fabricante www.all-m2m.com

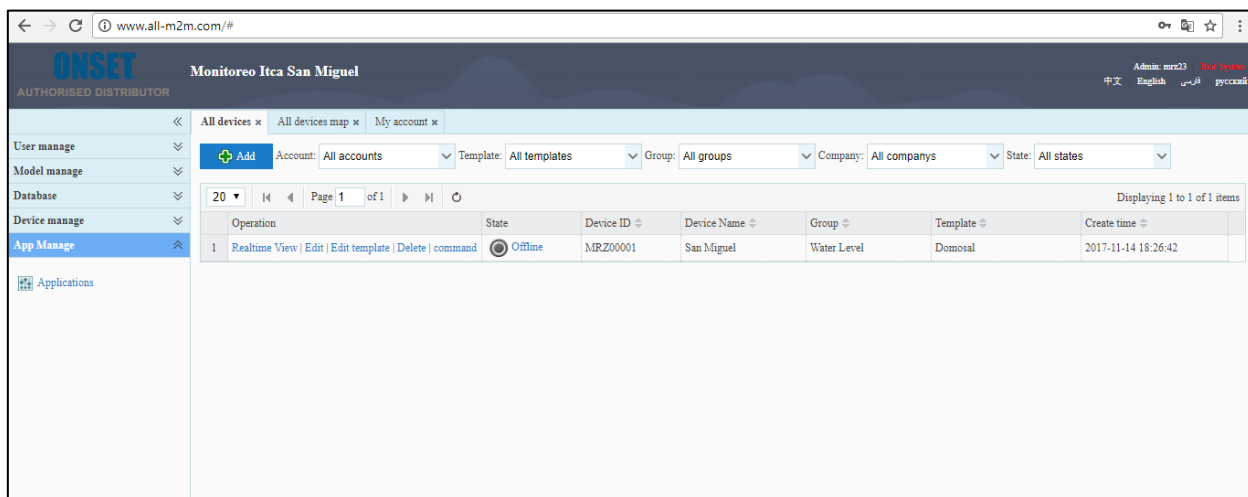


Figura 17: panel de control en la web, de la estación CWT5111 GPRS RTU

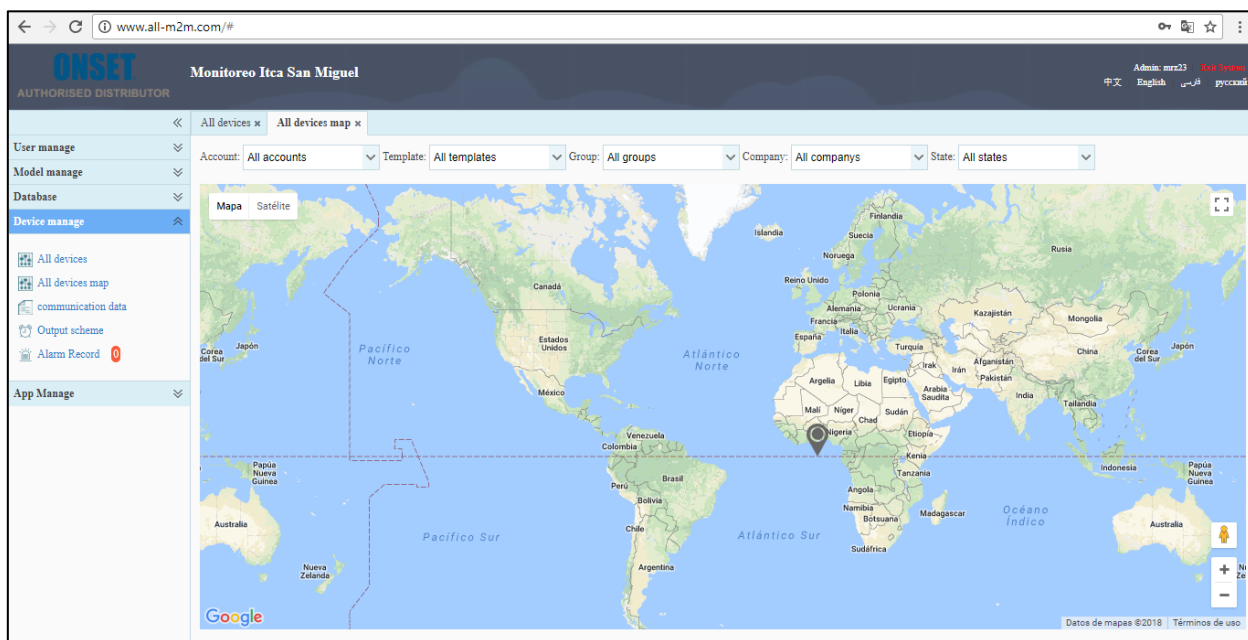


Figura 18: Mapa de control de la ubicación geográfica de cada estación instalada.

7.2.2. Hardware

GLT500 sensor de nivel del depósito de agua tiene la estructura y aplicaciones especiales con alta precisión, pequeño volumen, estabilidad, más resistencia a la abrasión, aceite, ácido y álcali. Es ampliamente utilizado en las aguas residuales, tratamiento de ríos y lagos, así como los canales, grandes ríos, embalses y vigilancia costera.



Figura 19: GLT500 sensor de nivel

Características:

- Rango de presión: 0 ~ 1mH₂O 200mH₂O
- Precisión: $\pm 25\%$ FS, $\pm 5\%$ FS
- Flexible de medición sumergible
- No-polaridad de salida de corriente de dos hilos
- A prueba de explosión certificación
- Certificación CE
- OEM proporcionado

Aplicaciones:

Mediciones de profundidad

- Control hidráulico en los ríos y el mar
- Tratamiento de aguas residuales
- Medición de nivel de líquido lodoso
- Medición de niveles
- Ahorro de agua en irrigación

Datos técnicos

Nombre	Datos			Observación
gama de la medida	1 ~ 200 m H2O			1mH2O y asyp; 9.81kPa
presión de sobrecarga	150% FS			
presión de rotura	300% FS			
precisión	± 25% FS, ± 5% F.S			
estabilidad	valor típico: 0.1% FS, valor máximo: 0.2% F.S			
temperatura de funcionamiento	-40 ° C ~ 85 ° C			
compensación de temperatura	-10 ° C ~ 70 ° C			
compatibilidad medio	todo medio corrosivo compatible con 1Cr18Ni9Ti y 316L			
electricidad característica	tipo de dos hilos	tipo trifilar		
salida de señal	4 ~ 20mA	0 ~ 5 V 1 ~ 5 V	0 ~ 10 V	
fuelle de alimentación	10 ~ 30Vdc	8 ~ 30Vdc/ac	12 ~ 30Vdc/ac	Vdc/ac significa tanto para uso dc y ac,
resistencia de carga	(U-10)/0.02 (Ω)	> 100kΩ		
aislar	> 100 M Ω @ 50 V			
interfaz eléctrica	toma de prueba de agua			
interfaz de presión	el tipo encajado			
material de la membrana de presión	ACERO INOXIDABLE 316L			
material de la carcasa	acero inoxidable 1Cr18Ni9Ti			
tiempo de respuesta (10% ~ 90%)	≤ \$ number ms			
de choque/impacto	10 gRMS, (20 ~ 2000) Hz/100g, 11 ms			
protección	IP68			



Figura 20: GLT500 sensor de nivel y extensión de bronce.

CWT5111 GSM/GPRS RTU, GSM/GPRS Controller, GPRS Data Logger



Figura 21: CWT5111 GSM/GPRS RTU

Descripciones de funciones:	
☐ Fácil configuración con cualquier terminal ☐ Software Emulador ☐ Configuración flexible de mensajes, destinatarios y opciones ☐ Mensajes de alarma marcados con el tiempo ☐ No es necesario usar una PC ☐ Fácil para aplicaciones externas ☐ Operación independiente dedicada ☐ 2 watchdog adentro, 724 operación ☐ Bajo costo de propiedad ☐ 10 destinatarios de alarma SMS (grupo de operación) ☐ Transmisión de datos bidireccionales RS232 ☐ admite entrada de audio y salida de audio ☐ Zumbador de alarma	☐ 8 salidas accionables por relé (12V-24V) ☐ 8 entradas digitales universales protegidas. Acepta contacto seco ☐ 4 entradas analógicas, acepta 4 ~ 20mA o 0 ~ 5V, 10 precisión ☐ Sensor de temperatura en el interior (opcional) ☐ Batería adentro ☐ Diseño industrial con capacidades de software inteligentes, lo que lo convierte en una solución GPRS confiable para la recopilación y transmisión de datos ☐ Múltiples modos de transmisión GPRS se pueden configurar, como la transmisión del temporizador, E / S o disparo AD Transmisión GPRS ☐ Conéctese a cualquier dispositivo serie a GPRS e Internet ☐ No es necesario construir una costosa red de línea fija, lo que ahorra costos sustancialmente ☐ Conexión de red GPRS confiable, que proporciona comunicación inalámbrica de largo alcance rápida y rentable

Interfaz, función y parámetros

Interface	Numbers	Features	Parameters
I/O interface	DI (digital input) 8	- Input status monitor - Can be configured as pulse counter input	- Dry contact (NO or NC) or 0 ~ 3.3V level trigger - Counting frequency: 10Hz
	DO (transistor output) 8	- Remote or local event drive DO on/off/pulse - Remember status when power lost	- Output drive voltage=power supply DC voltage - Drive current $\leq 500\text{mA}$
	AI (analog input) 4	- Receive 4-20mA (option: 0-5V) signal - Convert signal to actual measure value , support calibrate - Can set parameters for collect signal, alarm, data communication - Can detect connect or disconnect	- Dual digital filters for anti-noise - Sampling frequency: 33Hz 10-bit precision
Communication interface	RS232 1	Connect PC to configure	- RS-232C - Communication rate: 1200~115200

Características técnicas

- Adoptó una MCU ARM industrial de 32 bits altamente integrada
- Dentro del módulo celular, soporte de comunicación sms
- Puede establecer parámetros para cada canal para la colección de señales, alarma
- Múltiples mecanismos de filtrado de señales para garantizar la inmediatez y fiabilidad del sistema
- Reconexión y retransmisión de red para garantizar que los sms y los datos transmiten con precisión
- Puede configurar múltiples temporizadores (segundo, minuto, día, semana, mes) para ejecutar acciones, por ejemplo, salida, cargar datos, cambiar la configuración
- Programación de enlaces basada en eventos, p. ej. salida de enlace de alarma

Especificaciones del dispositivo

MCU	Cortex M3 32-bit ARM		
Power supply	9-28V DC (Standard adapter: DC 12V/1.5A)		
Power consumption	12V input Max. 150mA/Average 50mA		
Cellular module	Default GSM (2G, 4 band 850/900/1800/1900MHz) Option: WCDMA (3G), FDD LTE(4G) module		
SIM/UIM	Standard user card interface	Antenna	Standard SMA female interface (50Ω)
Working temperature	-30°C ~ +70°C	Working humidity	Relative humidity 95%
Dimension	130×80×25mm	Weight	390G
Housing	Iron, providing IP30 protection	Terminals	2×14pin 3.81mm spacing, pluggable

Diagrama de medidas

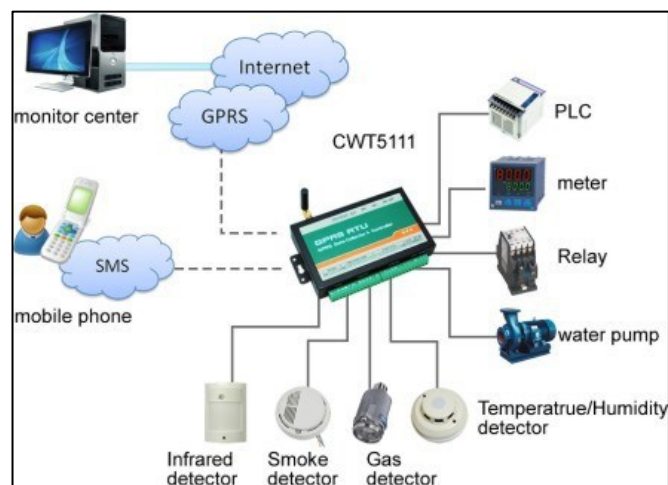
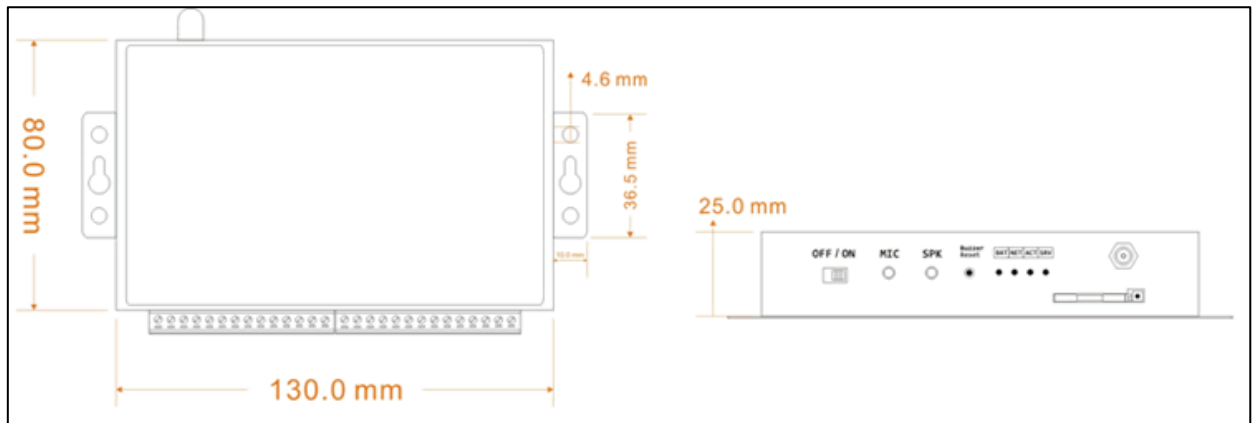


Figura 22: Sistema de monitoreo en tiempo real

Estación Base Óptica USB

La base universal USB Optic y acopladores se utilizan para descargar datos desde cualquier registrador de datos HOBO® con una interfaz USB óptica. La estación base USB Optic resistente a salpicaduras se conecta a su computadora a través de USB, mientras se conecta al registrador de datos a través de un acoplador apropiado. Esto es compatible con las series HOBO UA, U20, U22, U23, UTBI, U24 y U26.

NOTA: Los acopladores para todos los registradores de datos compatibles se incluyen con BASE-U-4.

Características Destacadas

- Descargar datos de cualquier registrador de datos HOBO® con una interfaz USB óptica
- Los acopladores están incluidos
- Longitud del cable 183 cm (6 pies)
- Descarga el registrador completo de 64 K en 30 segundos



Figura 23: Estación óptica USB

HOBO Water Level Logger

El HOBO U20L-01 es un registrador de datos de nivel de para medir continuamente el nivel y la temperatura del agua en una amplia gama de entornos submarinos. Cuenta con una precisión de medición del 0,1%, una carcasa de polipropileno para usar en agua dulce y salada, y un diseño sin ventilación para un despliegue conveniente y sin problemas.

Características

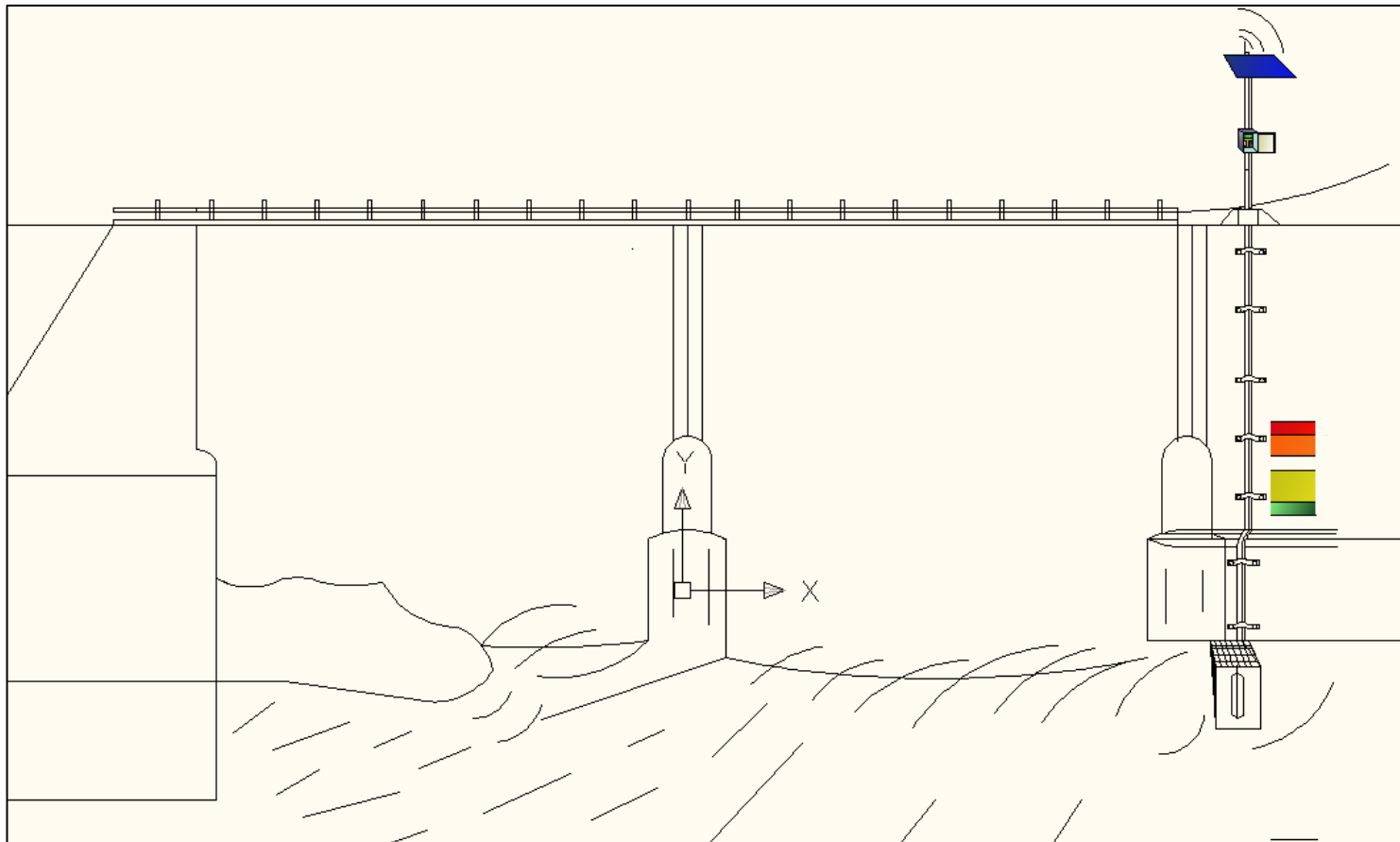
- El diseño autónomo sin ventilación permite una fácil implementación
- Ideal para usar en ambientes de agua dulce y salada, incluidos pozos, arroyos, lagos, humedales y áreas de mareas
- Profundidad de hasta 30 pies
- Sensor de presión de cerámica durable que soporta la congelación
- El software HOBOWare Pro proporciona una conversión fácil a lecturas precisas del nivel del agua, totalmente compensado por la presión, la temperatura y la densidad del agua



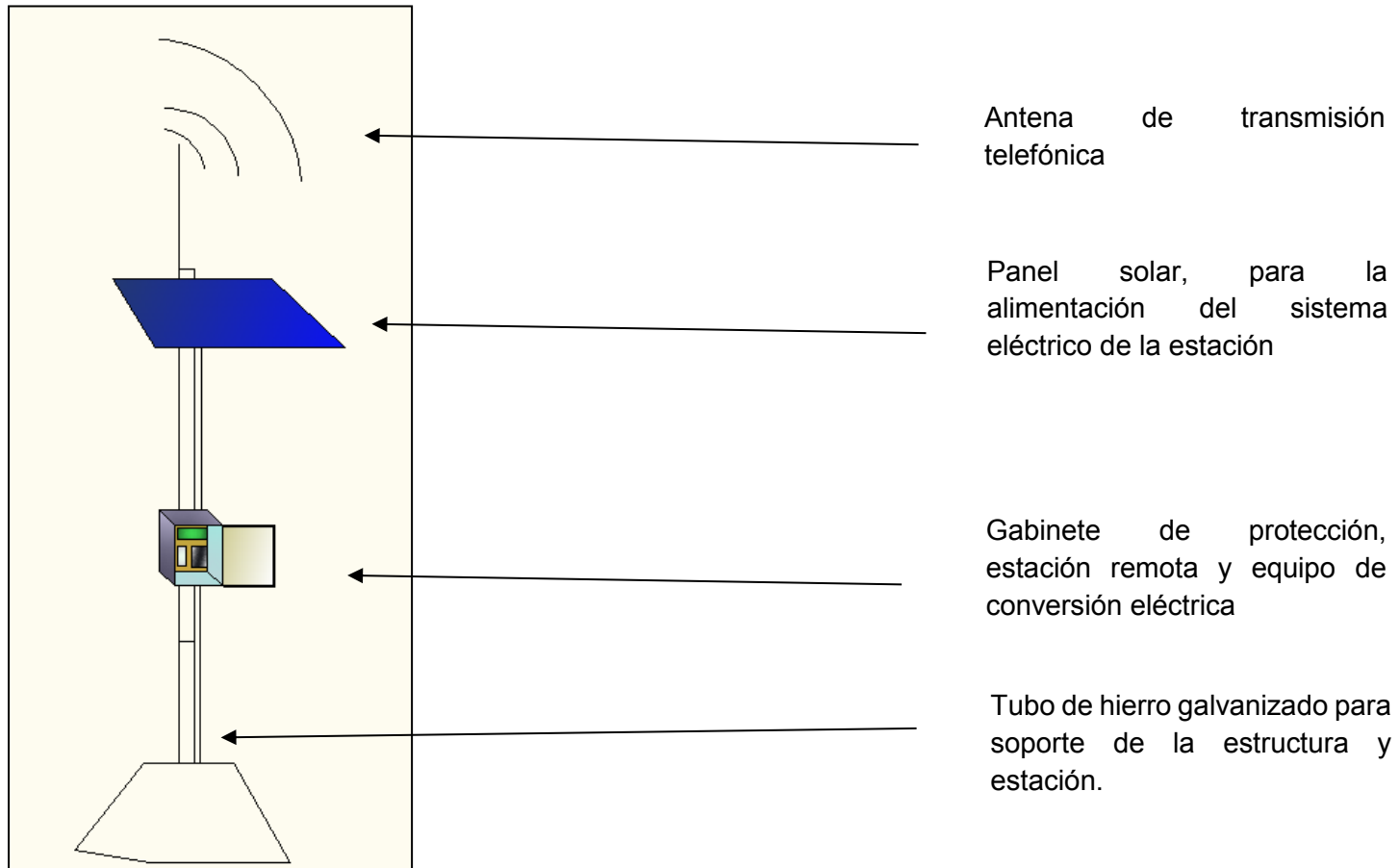
Figura 24: HOBO Water level logger

7.3. DISEÑO DE LA ESTACIÓN TELEMÉTRICA

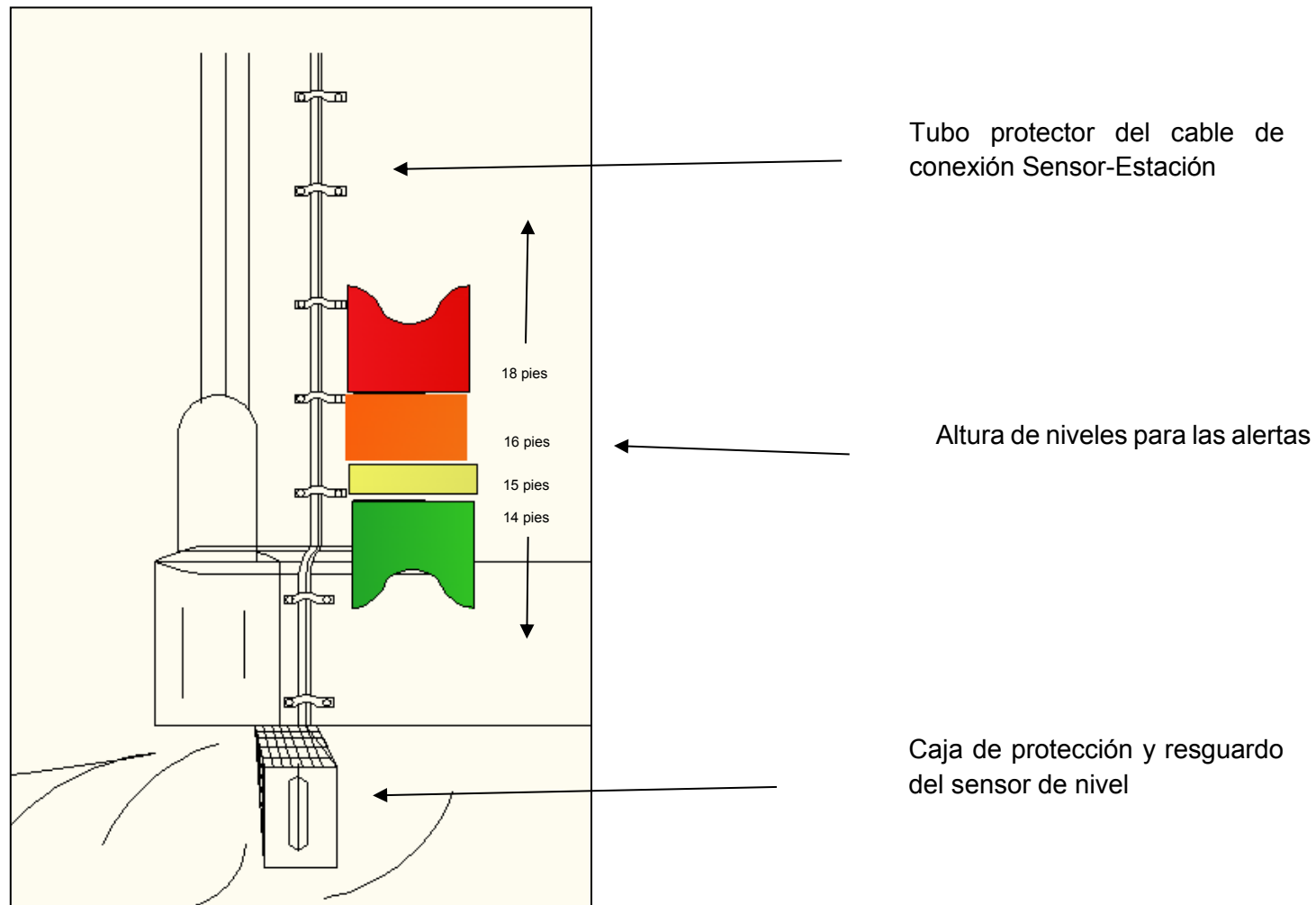
Vista en planta del SAT instalado



Vista en planta del SAT instalado (detalles de la estación telemétrica)



Vista en planta del SAT instalado (detalles de la ubicación de los sensores y alertas)



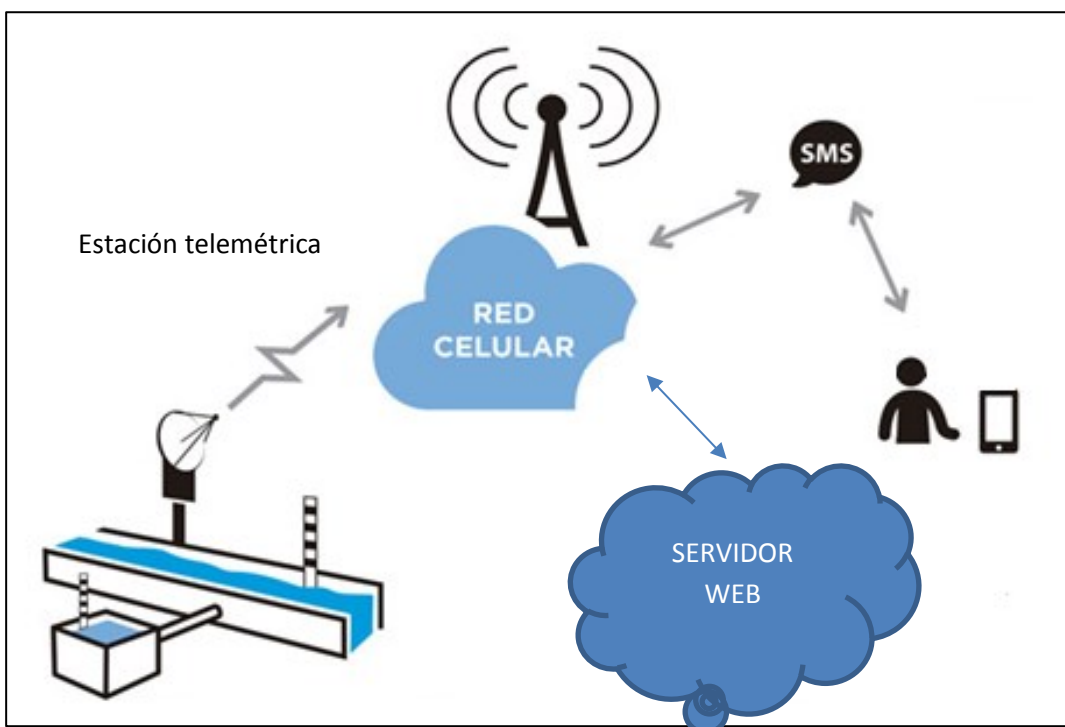


Fig. 25 Diagrama conceptual Estación – Circuito – Persona

8. CONCLUSIONES

1. El Salvador es un país vulnerable a los fenómenos naturales y carece de la tecnología idónea para la detección temprana y respuesta oportuna ante la materialización de una amenaza de esta índole. Que a pesar de los esfuerzos realizados por las instituciones gubernamentales y ONG's, año con año el fenómeno de las inundaciones se repite causando daños materiales y a veces de vidas humanas en las comunidades afectadas
2. A raíz de la investigación minuciosa realizada de las tecnologías a utilizar, se encontró que existe tecnologías específicas que resuelven problemas en diversas áreas de las ciencias pero que combinadas pueden servir para la construcción de un sistema para la alerta temprana y anuncio oportuno contra inundaciones.
3. El diseño del prototipo permitió comprobar que es factible proporcionar la información oportuna y veraz por medio de las alertas necesarias para efecto que las autoridades puedan tomar decisiones que conlleven a la minimizando del impacto negativo que pudieran causar las inundaciones en las zonas vulnerables en este estudio.

9. RECOMENDACIONES

1. Poner en marcha la implementación del proyecto en el primer trimestre del año 2018
2. Gestionar la adquisición de materiales de manera oportuna para la instalación de la estación telemétrica, antes que el invierno inicie.
3. Formalizar el convenio con instituciones gubernamentales y entidades locales como la alcaldía municipal, para la instalación de la estación en el puente Urbina y administración del mismo.

10. GLOSARIO

ALERTA TEMPRANA

Situación que se declara, a través de instituciones, organizaciones e individuos responsables y previamente identificados, que permite la provisión de información adecuada, precisa y efectiva previa a la manifestación de un fenómeno peligroso en un área y tiempo determinado, con el fin de que los organismos operativos de emergencia activen procedimientos de acción preestablecidos y la población tome precauciones específicas para evitar o reducir el riesgo al cual este sujeto.

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Comprende la suma de las políticas estratégicas, instrumentos y acciones particulares referidos a la identificación y monitoreo de amenazas, vulnerabilidad y riesgo, el diseño e implementación de alertas o alarmas relacionadas con la ocurrencia inminente de eventos peligrosos; los preparativos para la respuesta a emergencias y la ejecución de los mismos.

SENSOR

Dispositivo que capta magnitudes físicas (variaciones de luz, temperatura, sonido, etc.) u otras alteraciones de su entorno

ESTACIÓN REMOTA

Universal (ERU) Equipo de campo del sistema de control de tráfico interurbano de Indra sistema

RIO

Corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado, rara vez es constante a lo largo del año, y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura

CUENCA

Territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que sus aguas dan al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una **cuenca** hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas

GSM

Sistema global para las comunicaciones móviles. El sistema global para las comunicaciones móviles.

ALERTA

Se llama **alerta** al período anterior a la ocurrencia de un desastre, declarado con el fin de tomar precauciones generales, para evitar la existencia de posibles desgracias y/o emergencias, tales como un huracán o erupción volcánica, inundaciones.

SAT

Sistema de Alerta Temprana

TELEMETRIA

Tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema.

CAUDAL

En dinámica de fluidos, **caudal** es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo.

PRESION ATMOSFERICA

Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie

11.FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. Domínguez M, Sáez F. Domótica, un enfoque sociotécnico. Madrid: ETSI. (2006).
2. Ven Te Chow-David R. Hidrología Aplicada. MExico: Mc Graw-hill latinoamericana. (2000)
3. Cembrano, F. Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos. España: Paraninfo. Quinta Edición (2008)

FUENTES ELECTRÓNICAS

4. Controles de flujos de agua

<https://unicrom.com/control-de-nivel-de-agua-con-4001/>

5. Controles de presión y flujos de agua

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1772/?jsessionid=2F1832DFF6B5655EB7C4D4252A3FADFA?sequence=1>

6. Anemómetro

<http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-aire/anemometro-con-memoria-datalogger.htm>

<http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/desastres-naturales/floods-profile>

7. www.satcaweb.org

www.snet.gob.sv/SRT/mail.swf

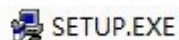
12. ANEXOS

12.1. ANEXO 1: MANUAL DE CONFIGURACIÓN DE LA ESTACIÓN REMOTA

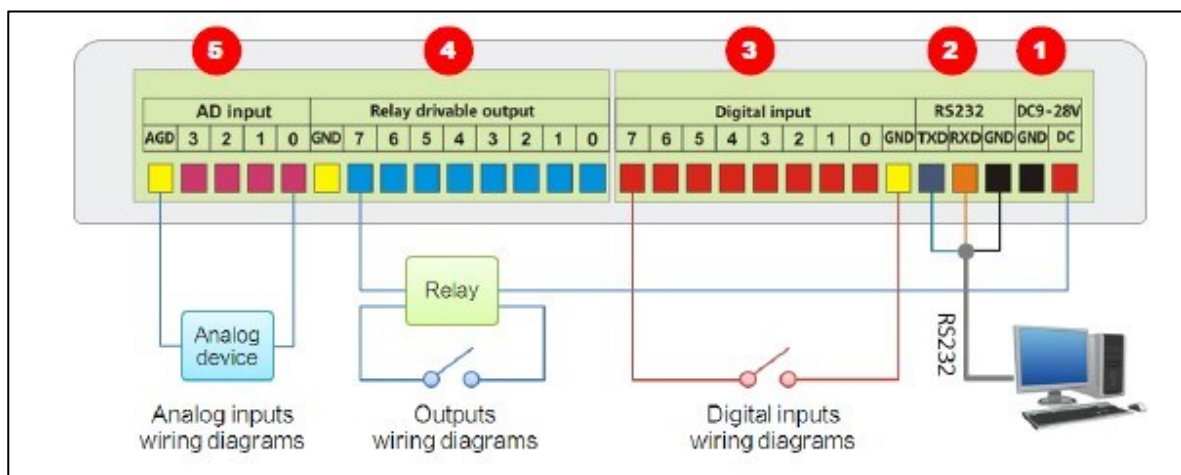
RTU quick start

Access setup mode

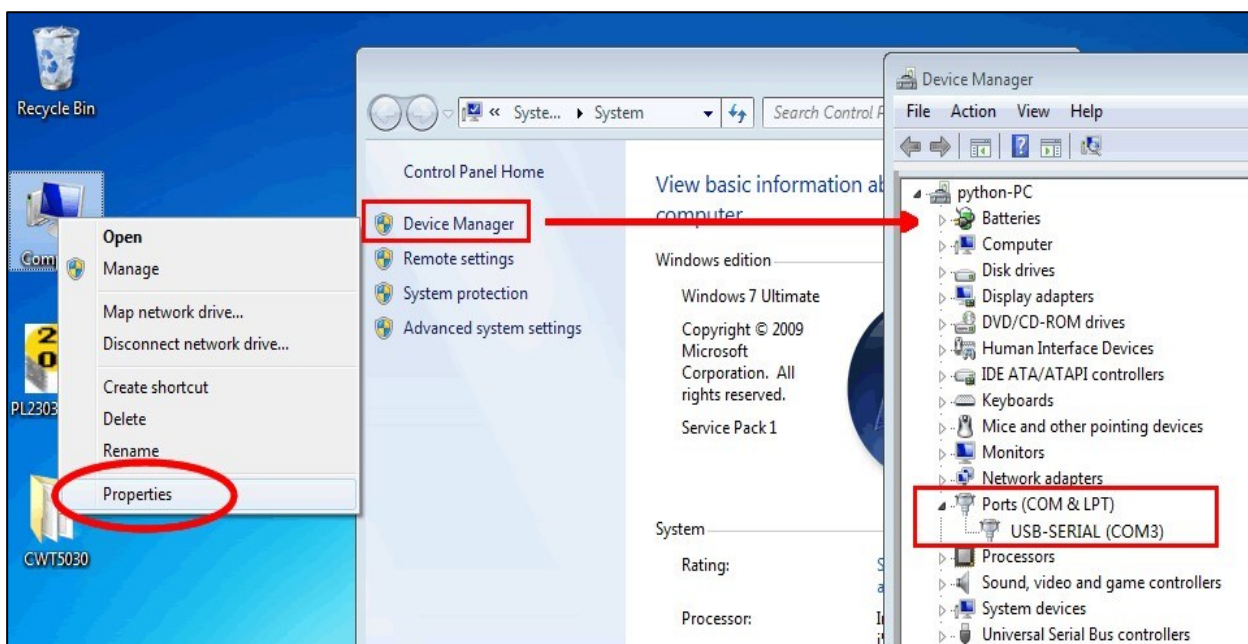
Step1: Install USB to serial RS232 cable's driver on PC (only windows)



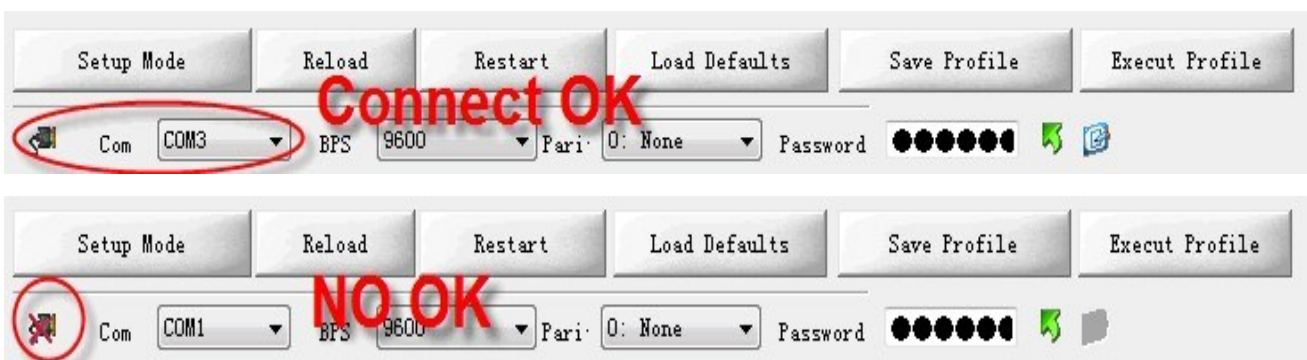
Step2: Connect RTU to PC



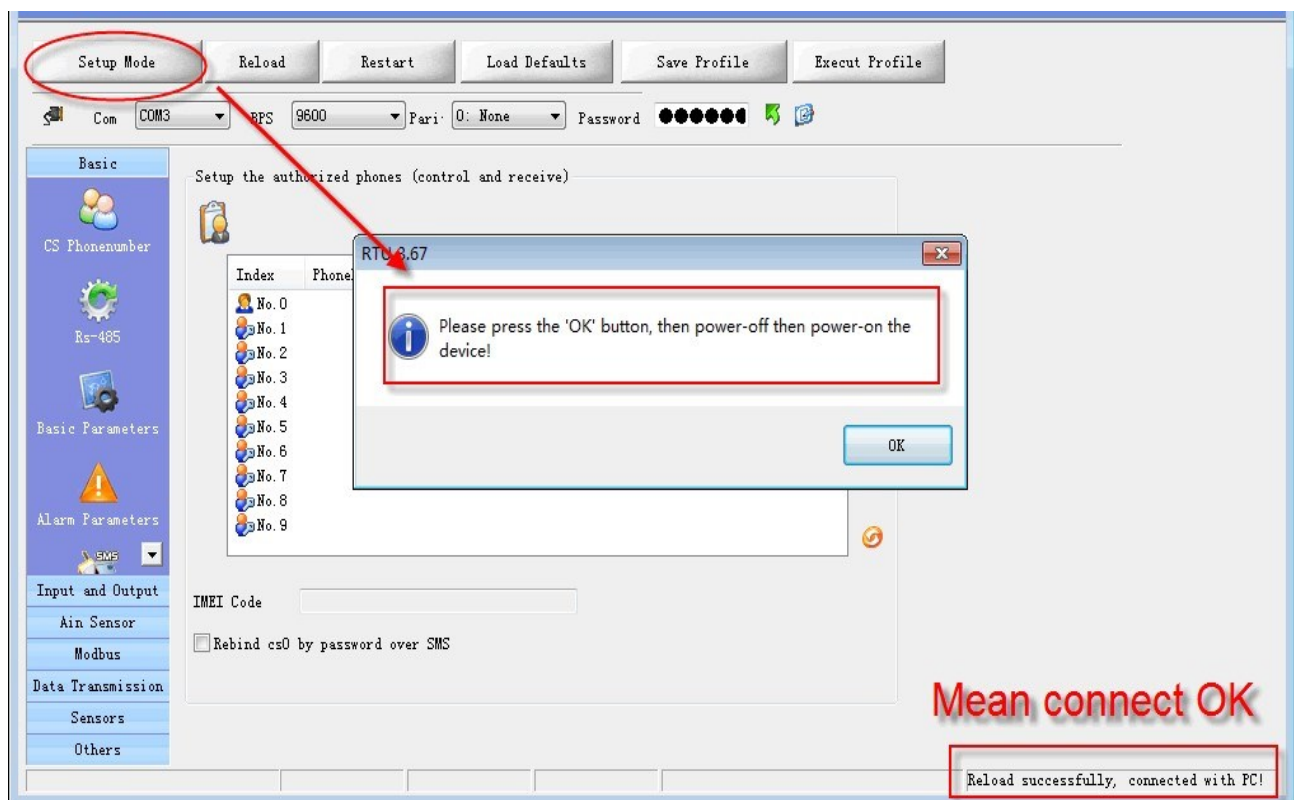
Step3: check com port in PC Device Manager



Step4: run the config tool and choose the right com port



Step5: access setup mode



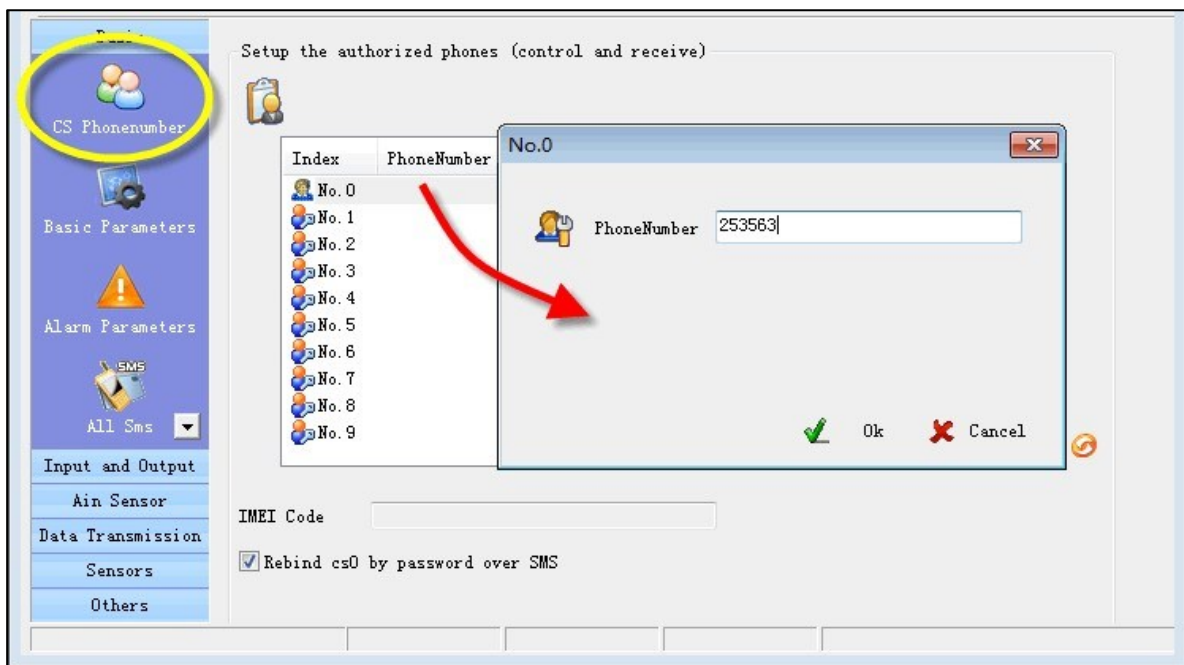
Mean connect OK

NOTE

Access setup mode, the simcard and antenna is unnecessary
In setup mode, all functions are disabled, only to setup parameters
After set, please restart RTU to access working mode to us

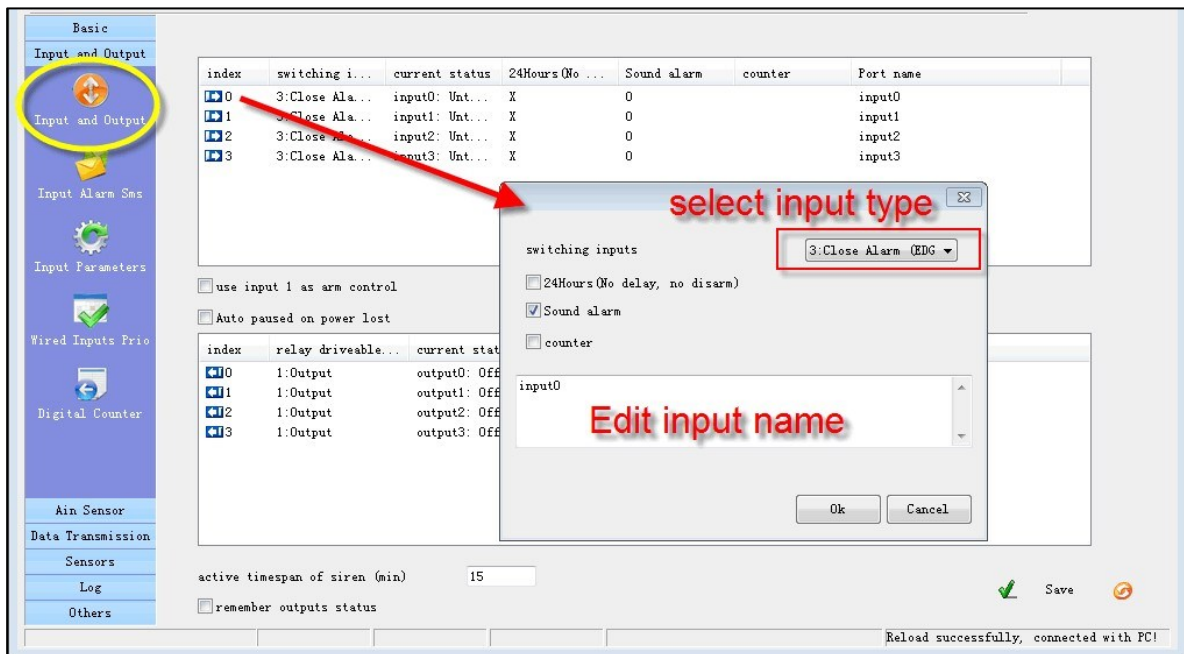
Set CS Phone numbers

Only "CS Phone numbers" can send sms commands to control RTU and receive RTU's sms (alarm sms, report sms etc.). Support preset 10 CS phone numbers, CS0-CS9



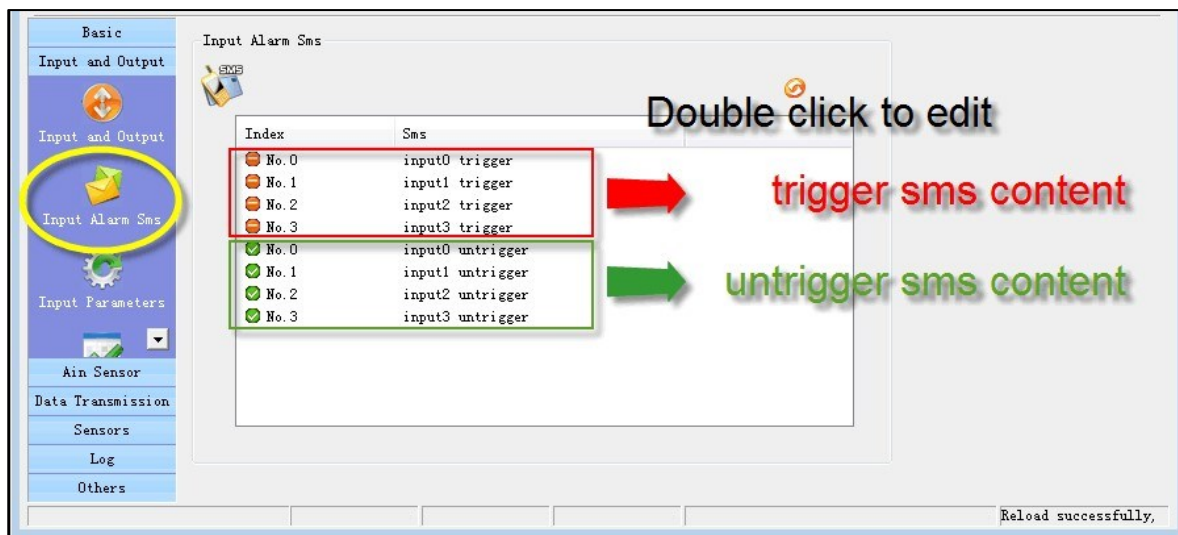
Set digital inputs

Set input type, double click a channel



Open Alarm (EDGE)	DI and GND open (off) is alarm status	YES	NO
Open Alarm (LEVEL)	DI and GND open (off) is alarm status	YES	YES
Close Alarm (EDGE)	DI and GND close (on) is alarm status	YES	NO
Close Alarm (LEVEL)	DI and GND close (on) is alarm status	YES	YES

Set input trigger and untrigger sms content



Set analog inputs

The analog input receive 4~20mA or 0~5V signal from an analog sensor.

You can preset high and low level to alarm. And CS numbers can send sms command to query value.

Example:

An analog input connect a temperature sensor, the sensor measuring range is -20°C-80°C, and analog output is 4-20 mA

Need alarm when temperature above 30°C or below 10°C

Set high and low to alarm

Select current type and enter sensor's analog output range 4-20mA

Enter sensor's measuring range -20°C-80°C

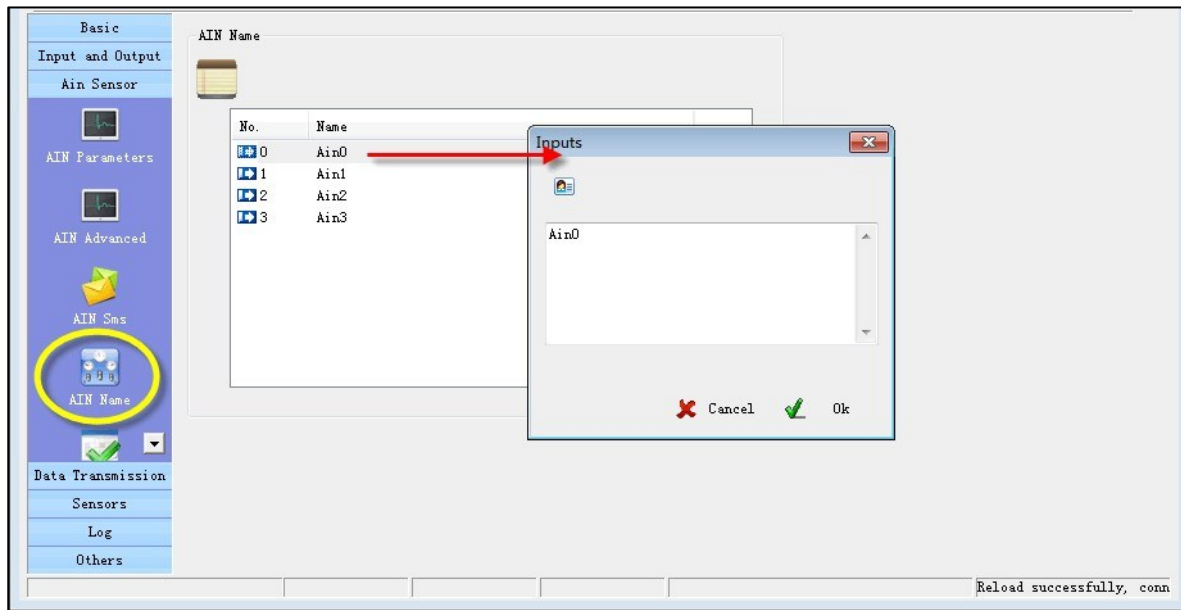
Set analog input alarm and recover sms content

Double click to edit each channel

alarm sms content

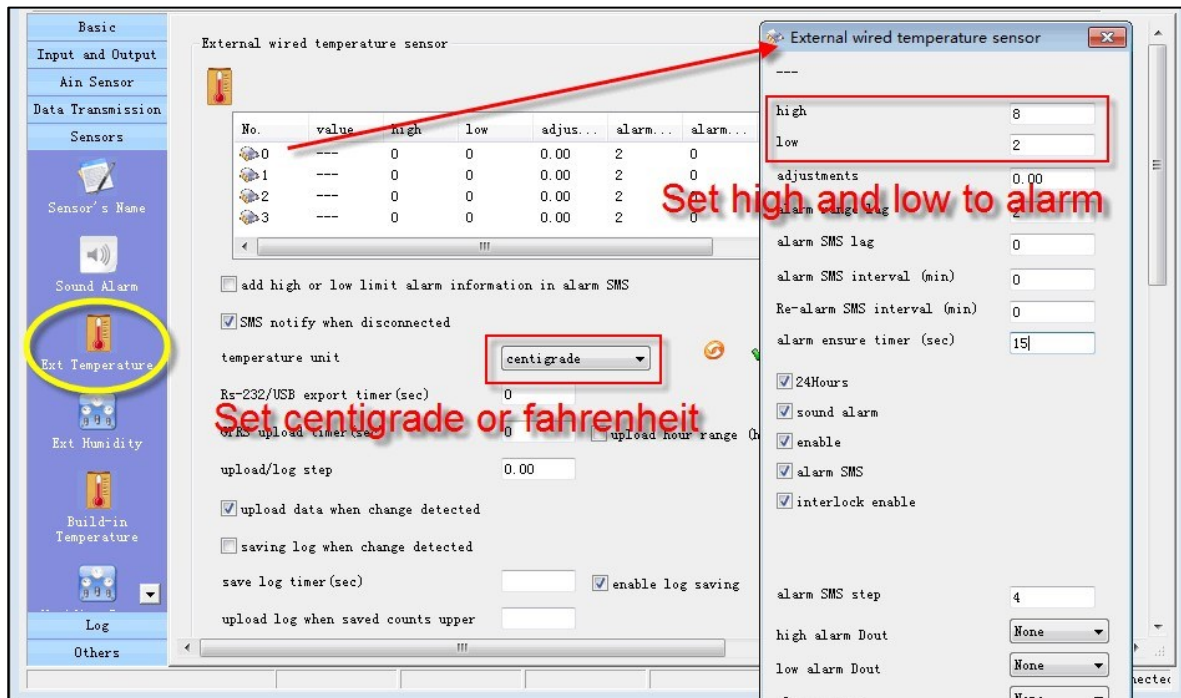
return to normal sms content

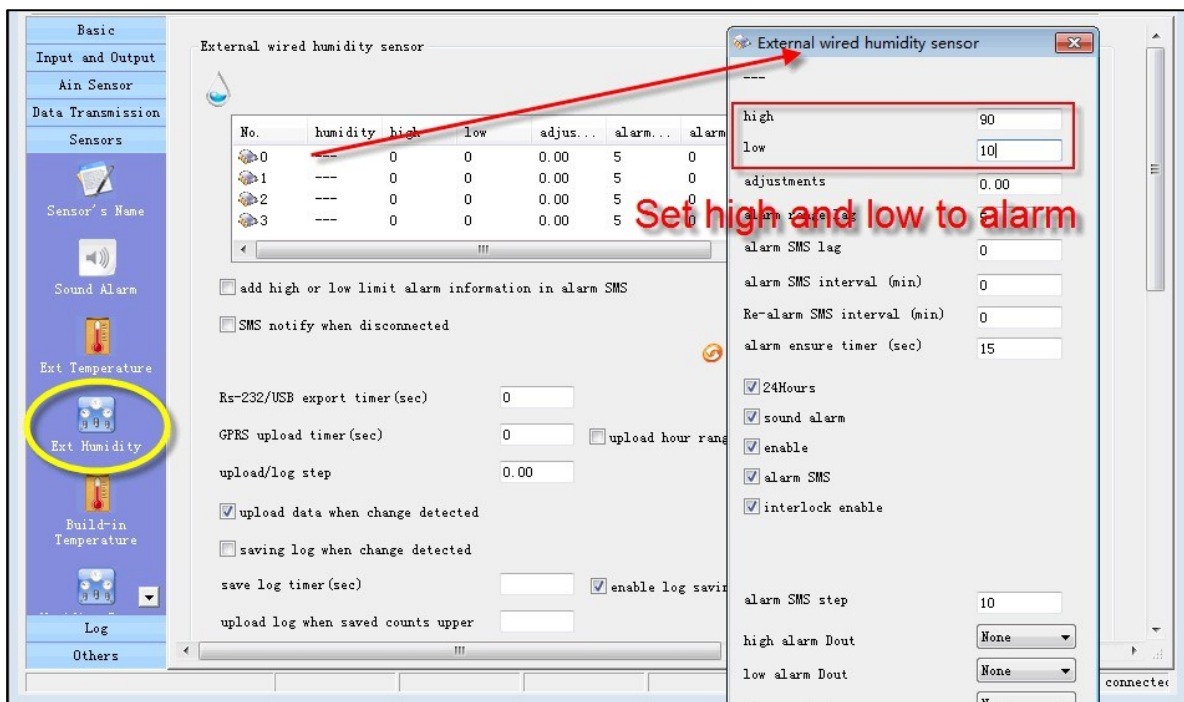
Set analog input channel name



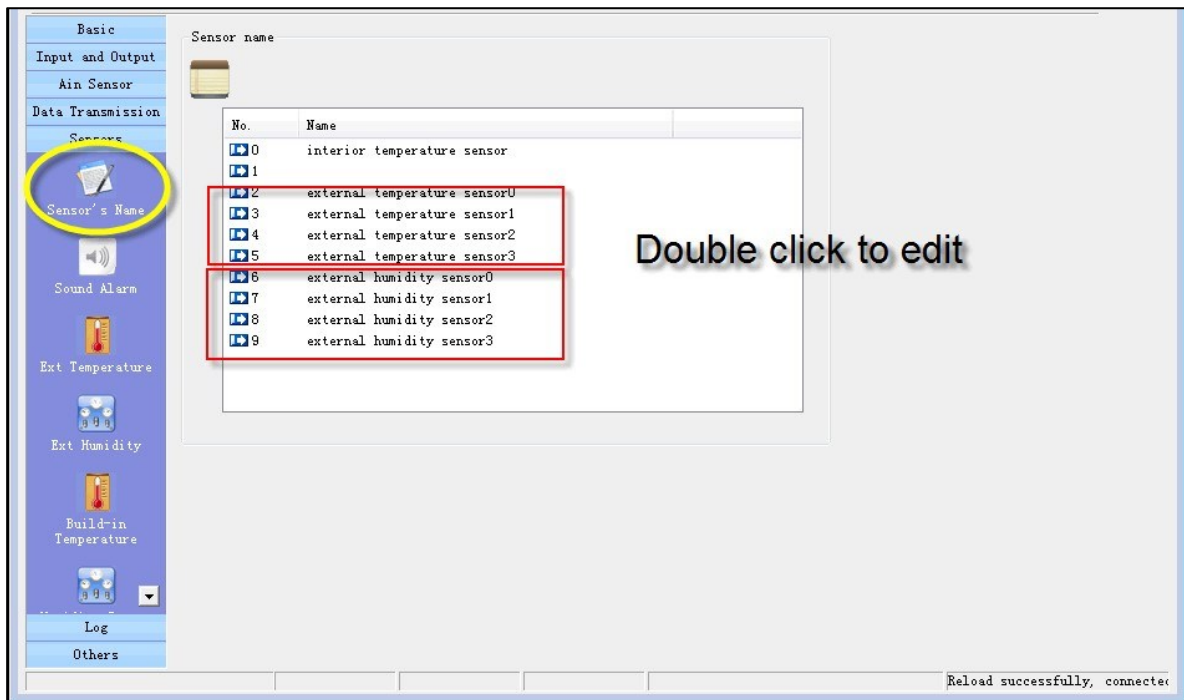
Set temperature and humidity inputs

Set high and low alarm for every temperature or humidity inputs

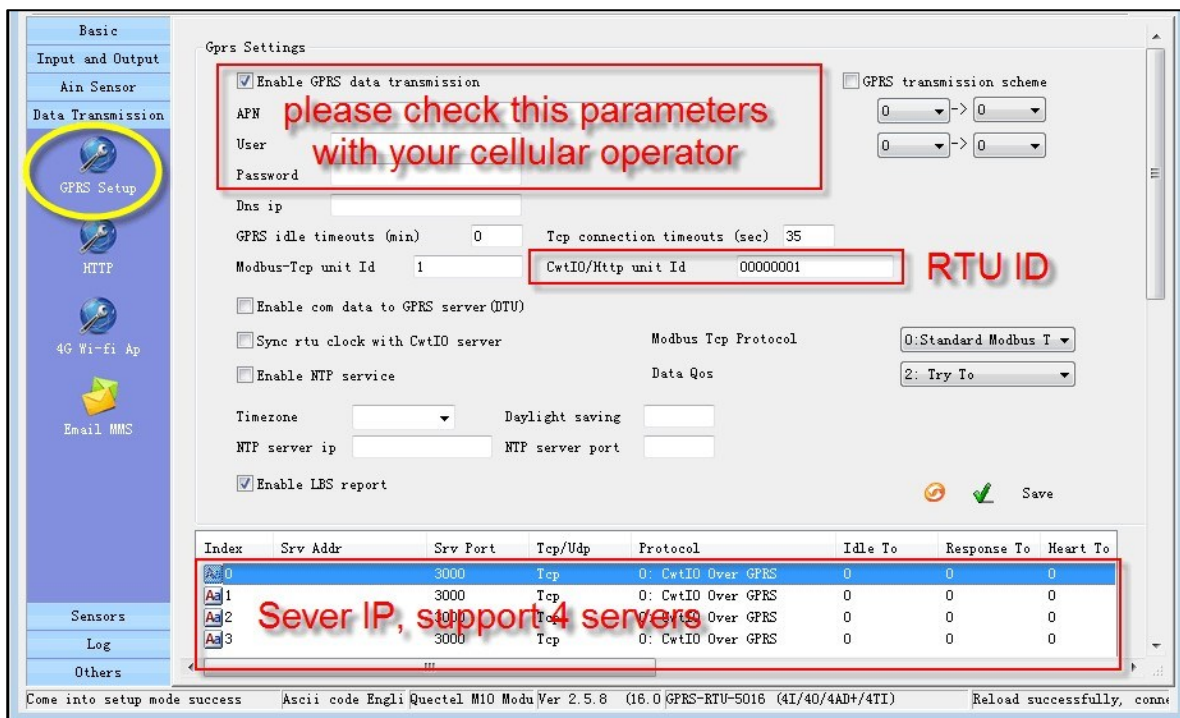




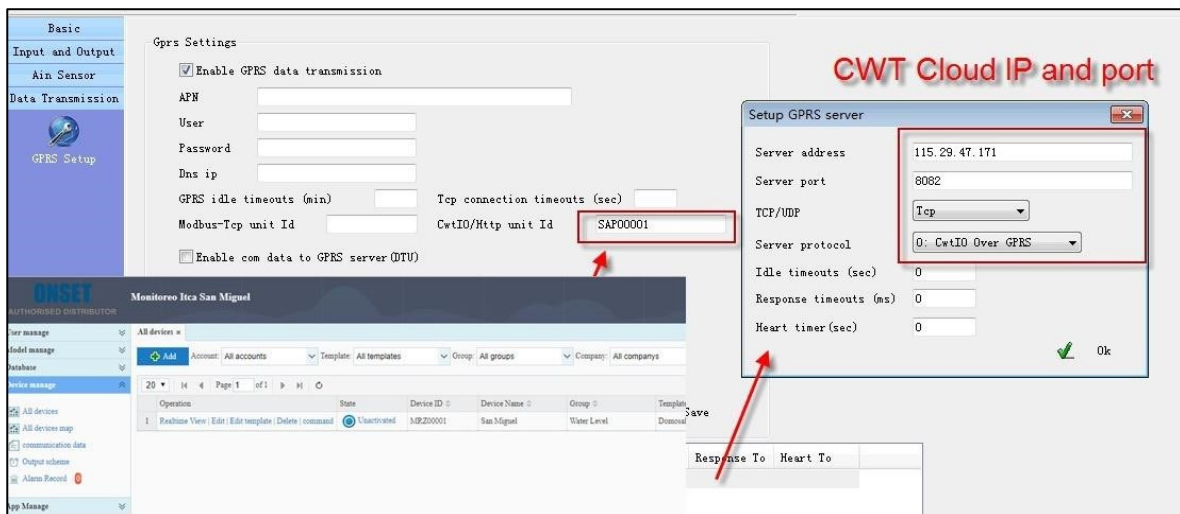
Set temperature or humidity input channel name



Set data transmission parameters

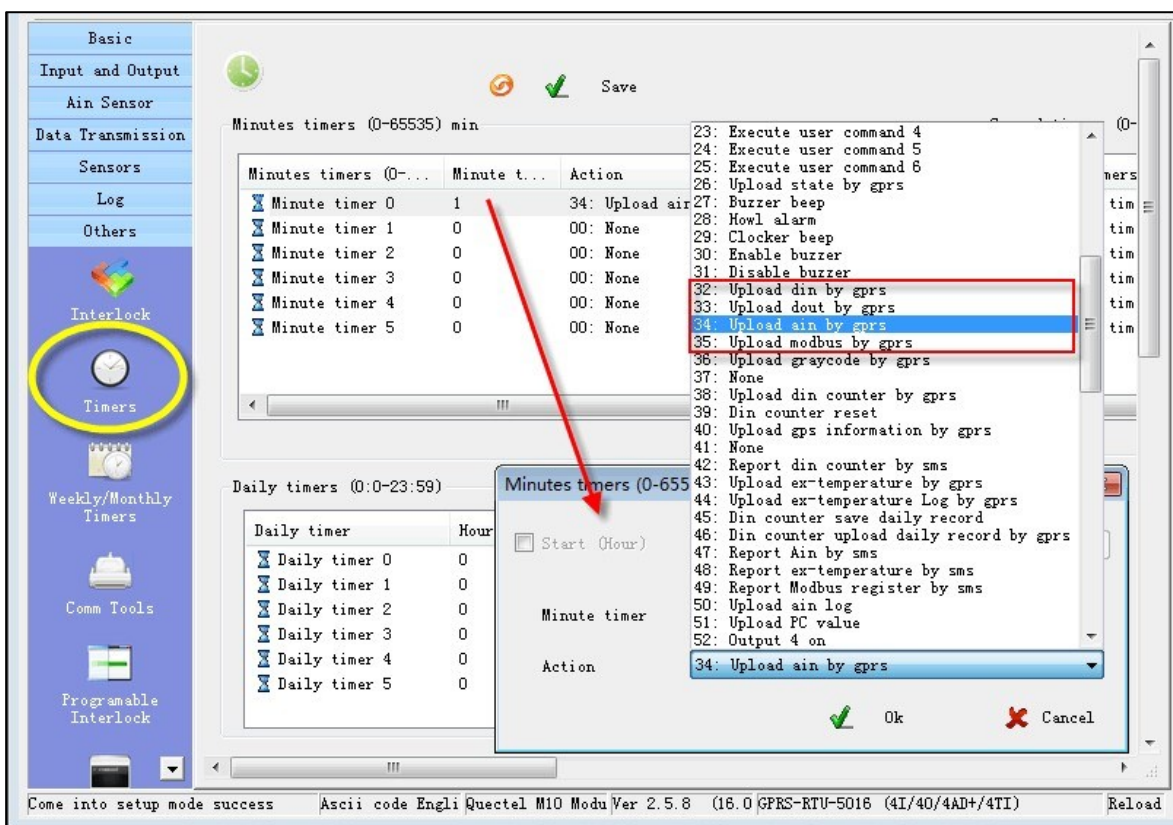


For example, RTU connect to CWT Cloud via GPRS, set as follow

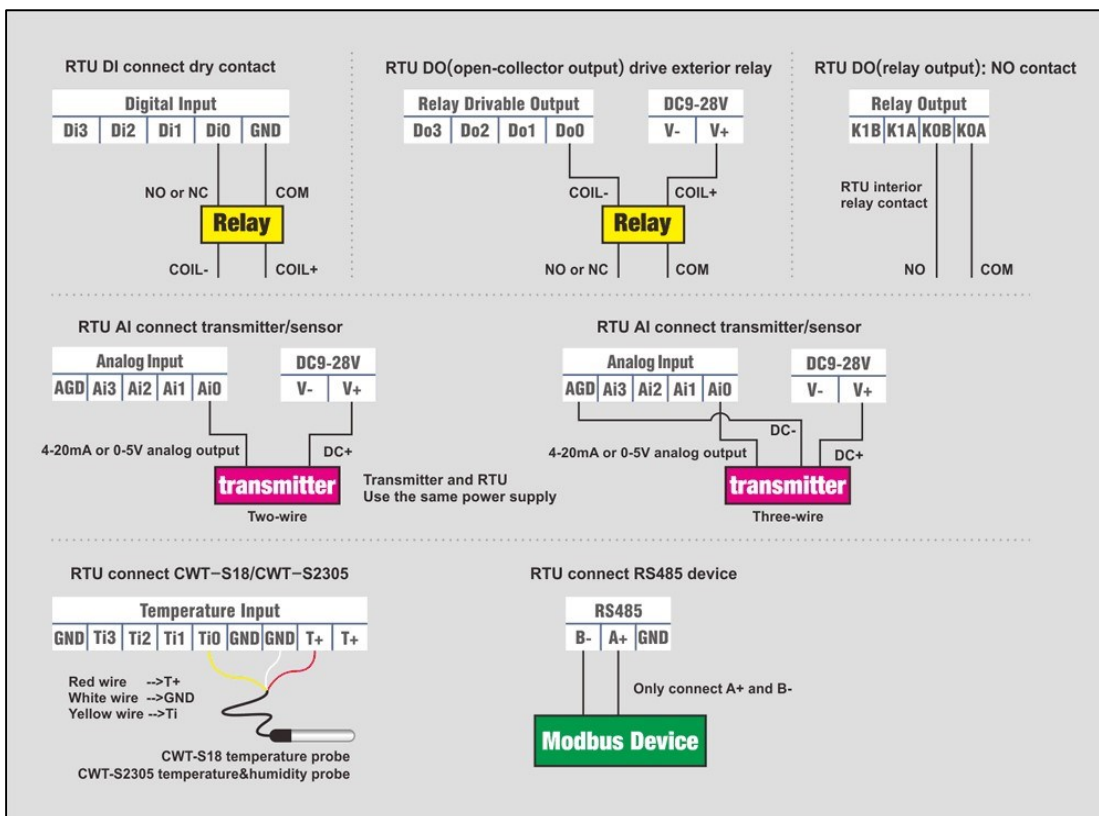


Set a timer to transmit data

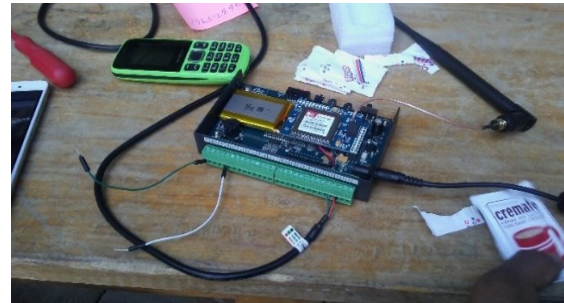
For example, send all analog data every 1 minute



Interface wiring diagram



12.2. ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO.







IDENTIDAD INSTITUCIONAL

VISIÓN

Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.

MISIÓN

Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial, tanto como trabajadores y como empresarios.

VALORES

EXCELENCIA: *Nuestro diario quehacer está fundamentado en hacer bien las cosas desde la primera vez.*

INTEGRIDAD: *Actuamos congruentemente con los principios de la verdad en todas las acciones que realizamos.*

ESPIRITUALIDAD: *Desarrollamos todas nuestras actividades en la filosofía de servicio, alegría, compromiso, confianza y respeto mutuo.*

COOPERACIÓN: *Actuamos basados en el buen trabajo en equipo, la buena disposición a ayudar a todas las personas.*

COMUNICACIÓN: *Respetamos las diferentes ideologías y opiniones, manteniendo y propiciando un acercamiento con todo el personal.*

SEDE Y REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro Centros Regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1 SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.

Tel.: (503) 2132-7400

Fax: (503) 2132-7599

2 CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.

Tel.: (503) 2440-4348

Tel./Fax: (503) 2440-3183

3 CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión

Tel.: (503) 2668-4700

4 CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.

Tel.: (503) 2334-0763 y

(503) 2334-0768

5 CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.

Tel.: (503) 2669-2298

Fax: (503) 2669-0061