

DISEÑO DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE EVENTOS EXTREMOS DEL CLIMA .

Experiencia SATC Norte de Santander

Con Enfoque Investigativo

Jacipt Alexander Ramón | Derly Estefany Vera |
Doris Vanegas Vanegas



Formando líderes para la
construcción de un nuevo
país en paz

DISEÑO DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE EVENTOS EXTREMOS DEL CLIMA . EXPERIENCIA SATC NORTE DE SANTANDER

Con Enfoque Investigativo



Jacipt Alexander Ramón Valencia
Derly Estefany Vera Mogollón
Doris Vanegas Vanegas

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N° 9677 - PPA001-800-2017
CELEBRADO ENTRE EL FONDO NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE
DESASTRES REPRESENTADO FIDUPREVISORA S.A., DEPARTAMENTO DE
NORTE DE SANTANDER Y LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**



Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres



Construyendo un Norte Resiliente y Adaptable



OBJETO:

Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para diseñar, implementar y poner en funcionamiento un Sistema de Alertas Hidroclimatológicas Tempranas (SATC) ante eventos climáticos de inundación y sequía como medida de adaptación al cambio climático, que vincule la sostenibilidad y ampliación del sistema actual a través del componente de generación y análisis de información meteorología con la participación comunitaria y la respuesta oportuna de los organismos competentes en la cuencas de los ríos Zulia, Pamplonita, Táchira, Chitagá, Algodonal y Tibú

Ramón Valencia, Jacipt y Vera Mogollón, Derly
Diseño de sistemas de alerta temprana ante eventos extremos
del clima. Experiencia SATC Norte de Santander.

Incluye datos biográficos de los autores. -- Contiene bibliografía.
ISBN 978-958-52243-7-7

Colección:
Área: Ingeniería Ambiental



Jacipt Alexander Ramón
Derly Estefany Vera

Universidad de Pamplona
Km 1 Vía Bucaramanga
Pamplona - Colombia

Primera edición: Pamplona,
febrero 2020

ISBN: 978-958-52243-7-7

Diagramación: Ana Katherine
Lizarazo V.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestros agradecimientos a:

A la oficina de subdirección para la Reducción del Riesgo de Desastres de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD por su apoyo y financiación.

Al consejo departamental de gestión del riesgo de desastres del departamento de Norte de Santander CDGRD de la Gobernación del departamento de Norte de Santander, por el apoyo, colaboración y financiación en la realización de las actividades del proyecto de investigación.

A los consejeros municipales de gestión del riesgo de desastres de los municipios de las cuencas de los ríos Zulia, Pamplonita, Táchira, Chitagá, Algodonal y Tibú del departamento de Norte de Santander, por la articulación y acompañamiento de las actividades del proyecto de investigación.

A la vicerrectoría de investigaciones a través de los Grupos de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo GIAAS, el grupo de investigaciones Lenguaje, Educación y Cultura INLINGUA y al grupo de investigaciones Gestión Integral del Territorio - GIT de la Universidad de Pamplona, por la gestión y ejecución de las actividades del proyecto de investigación.

CONTENIDO

Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	5
CONTENIDO	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE IMAGENES.....	13
ABREVIATURAS.....	15
PRÓLOGO.....	17
CAPÍTULO 1: APARTADO INTRODUCTORIO.....	19
1.1 PRESENTACIÓN DEL LIBRO	20
1.2 INTRODUCCIÓN.....	22
CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL.....	25
2.1 BASES CONCEPTUALES: GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.....	26
2.2 BASES CONCEPTUALES: CAMBIO CLIMÁTICO.....	31
2.3 BASES CONCEPTUALES: CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA.....	35
CAPÍTULO 3: REFERENTES LEGALES.....	43
3.1 REFERENTES LEGALES	44
CAPÍTULO 4: SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICA.....	46
4.1 DEFINICIÓN.....	47
4.2 ORIGEN DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA.....	48
4.3 IMPORTANCIA.....	50
4.4 OBJETIVO.....	51
4.5 FUNCIONAMIENTO.....	52

4.6 ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA	54
4.7 REFERENTES DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA.....	55
4.7.1 LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA DE SEQUÍAS.....	57
4.7.2. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA DE INUNDACIONES	59
4.7.3. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA EN COLOMBIA.....	59
4.7.4. SISTEMA DE ALERTA EN EL DEPARTAMENTO	63
CAPÍTULO 5: DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA.....	65
5.1 DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICO - SATC	66
5.1.1 GENERALIDADES.....	66
5.2 ETAPAS DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICA.....	68
5.3 CONOCIMIENTO DEL TERRITORIO.....	69
5.4 RED DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICA	70
5.4.1. TIPOS DE VIGILANCIA.....	71
5.4.2 RED HIDROLÓGICA	75
5.4.3. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE REDES HIDROLÓGICAS.....	79
5.4.4 MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES	82
5.4.5 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN	83
5.4.6 MEDICIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS.....	84
5.4.7 MEDIDORES DE NIVEL.....	89
5.4.8 OBJETIVO DE LAS ESTACIONES HIDROLÓGICAS	92
5.4.9. METODOLOGÍA DE AFORO.....	94
5.4.10 REQUERIMIENTOS DE OBRAS CIVILES PARA ESTACIONES HIDROLÓGICAS	102
5.4.11 SEGUIMIENTO	105

5.4.12 ESTABLECIMIENTO DE LA RED METEOROLÓGICA.....	107
5.5 SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA COMUNITARIO	113
5.5.1 CONOCIMIENTO DEL RIESGO	114
5.5.2 MONITOREO Y VIGILANCIA.....	115
5.5.3 ACCIONES DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	116
5.5.4 NECESIDADES DE FORTALECIMIENTO (INSTITUCIONALES Y COMUNITARIAS)	117
5.5.5 DIFUSIÓN Y COMUNICACIÓN.....	117
5.5.6 ARTICULACIÓN DE UN SAT COMUNITARIO CON LAS ESTRATEGIAS Y PLANES DE RESPUESTA MUNICIPALES.....	117
5.5.7 SISTEMA DE ALERTAMIENTO ACÚSTICO COMUNITARIO	118
5.5.8 PROTOCOLO ACTIVACIÓN DE ALERTAS – SISTEMA DE SIRENA.....	123
5.5.9 SERVICIOS DE RESPUESTA	128
5.5.10 PREPARACIÓN PARA LA RESPUESTA.....	128
5.5.11 DIFUSIÓN DE LAS ALERTAS.....	128
5.6 PLATAFORMA WEB SATC	130
5.6.1 FUNCIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA	131
5.7 MODELAMIENTO Y SEGUIMIENTO DE LA AMENAZA	134
5.8 GENERACIÓN DE ALERTAS Y RESPUESTA A EMERGENCIAS	135
5.8.1. PRONÓSTICOS METEOROLÓGICOS.....	135
.....	151
5.8.2. Boletín de Alertas.....	155
5.9 GOBERNABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD	159
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	160
CONCLUSIONES.....	161
CAPITULO 7: BIBLIOGRAFÍA	163

BIBLIOGRAFÍA..... 164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de riesgo naturales	33
Figura 2. Evolución de la gestión del riesgo de desastres en Colombia.....	48
Figura 3. Elementos de un SATC	52
Figura 4. Estructura de los Sistemas de Alerta Temprana	54
Figura 5. Sistemas de Alerta Temprana de sequías en el mundo	58
Figura 6. Sistemas de Alerta Temprana de inundaciones en el mundo	59
Figura 7. Tipos de vigilancia	71
Figura 8. Tipos de vigilancia.....	76
Figura 9. Modelos hidrológicos.....	78
Figura 10. Componentes de un sistema de información hidrológica.....	79
Figura 11. Diseño de la red de monitoreo hidrológico	81
Figura 12. Ejemplos de lugares y modalidades de instalación	82
Figura 13. Esquema de mantenimiento de los sensores hidrológicos.....	83
Figura 14. Perfil longitudinal del fondo de un curso de agua	86
Figura 15. Perfiles transversales	89
Figura 16. Soporte Sensor Hidrológico.....	103
Figura 17: Proceso Red Meteorológica	112
Figura 18: Ruta general de planificación e implementación del SAT comunitario	113
Figura 19: Procesos relacionados con el conocimiento del riesgo.....	114
Figura 20: Pluviómetro municipio de Mutiscua	116
Figura 21: Niveles de los sistemas de alerta temprana.....	118
Figura 22: Localización sistema de sirena	121
Figura 23: Sistema de sirena.....	122
Figura 24: Protocolo de activación de alertas.....	123
Figura 25: Protocolo de activación de alerta amarilla	125
Figura 26: Protocolo de activación de alerta naranja.....	126

Figura 27: Protocolo de activación de alerta roja	127
Figura 28: Metodología para la generación de pronósticos.....	136
Figura 29: Análisis del comportamiento histórico	137
Figura 30: Estudios climatológicos mensuales.....	138
Figura 31: Mapa de Precipitación, Temperatura y humedad relativa anual-multianual.....	139
Figura 32: Variación de la presión atmosférica en Pamplona en un día X.....	145
Figura 33: Carta Sinóptica	148
Figura 34: Modelos meteorológicos IDEAM	151
Figura 35: Modelo Windy/MeteoBlue.....	152
Figura 36: Meteograma	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de Alerta Temprana implementados en el territorio nacional ..	61
Tabla 2. Especificaciones unidad externa MA 3081.....	109
Tabla 3. Especificaciones de la unidad externa Davis V. Pro2.....	111
Tabla 4: Síntesis de precipitación y temperatura presentados el día anterior ..	140

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Cartografía de cuencas a intervenir	67
Imagen 2. Etapas del Sistema de Alerta Temprana Climatológica - SATC.....	68
Imagen 3. Vigilancia visual.....	72
Imagen 4. Vigilancia automática.....	73
Imagen 5. Regla limnimétrica o mira	90
Imagen 6. Sensor ultrasónico	91
Imagen 7. Sensor tipo radar	92
Imagen 8. Selección del sitio de aforo	96
Imagen 9. Medición del ancho.....	97
Imagen 10. Selección de número de verticales	98
Imagen 11. Medición de la profundidad.....	99
Imagen 12. Medidor de Flujo Magnético	99
Imagen 13. Medición de profundidad.....	100
Imagen 14. Esquema de representación de la toma de profundidades	100
Imagen 15. Medición de velocidad.....	101
Imagen 16. Encerramiento estación hidrológica	104
Imagen 17: Valla informativa.....	104
Imagen 18. Estaciones Hidrológicas proyectadas.....	106
Imagen 19. Estaciones meteorológicas Proyecto SATC.....	108
Imagen 20. Estación meteorológica MA3081.....	109
Imagen 21: Estación Meteorológica Davis Vantage Pro 2	111
Imagen 22: Sistema de alertamiento acústico Cécota.....	120
Imagen 23: Visor Plataforma Web SATC	130
Imagen 24: Geoportal Plataforma WEB-SATC.....	131
Imagen 25: Datos Estación Meteorológica	132
Imagen 26: Plataformas de Apoyo	132
Imagen 27. Módulo de administrador.....	133

Imagen 28: Imagen satelital/vapor de agua.....	140
Imagen 29: Imagen satelital/infrarrojo	143
Imagen 30: Imagen satelital/imagen visible	144
Imagen 31: Velocidad y dirección del viento, earth.....	146
Imagen 32: Radares en Colombia	149
Imagen 33. Portada de pronósticos.....	155
Imagen 34. portada Boletín de alertas.....	157
Imagen 35. Módulo de alertas	157

ABREVIATURAS

CC: Cambio climático

CAR: Corporación Autónoma Regional.

CDGRD: Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres.

CIIFEN: Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño.

CMGRD: Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres.

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

CORPONOR: Corporación Regional de la frontera Nororiental

CTGRD: Consejo Territorial de Gestión de Riesgo de Desastres

DIMAR: Dirección General Marítima.

EIRD: Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres.

EMRE: Estrategia Municipal de Respuesta a emergencias

EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial.

GFS: Global Forecast System - Sistema de pronóstico global.

GEI: Gases efecto invernadero

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDF: Intensidad – Duración – Frecuencia.

IDIGER: Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático.

IFRC: Federación Internacional de la Cruz Roja y la Media Luna Roja,

NOAA: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica.

OMM: Organización Meteorológica Mundial.

PNACC: Política Nacional de adaptación al Cambio Climático.

PIGCCS: Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Sectorial
PIGCCT: Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial
OSSO: Observatorio Sismológico del Suroccidente.
OMM: Organización Meteorológica Mundial
PMGRD: Plan Municipal para la Gestión de Riesgo de Desastres.
Red VOCA: Red de Voluntarios Observadores del Clima
SATC: Sistema de Alerta Temprana Climática.
SCMH: Servicio Colombiano de Hidrología y Meteorología.
SGC: Servicio Geológico Colombiano
UNGRD: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre.
VC: Variabilidad climática
WRF: Weather Research and Forecasting - Investigación y pronóstico del tiempo.

PRÓLOGO

Desde la perspectiva nacional la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres –UNGRD, ha venido impulsando a través de la Ley 1523 de 2012 la cual, adopta una Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres; la implementación de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) ante eventos climáticos extremos en los departamentos vulnerables del territorio colombiano. Además, desde la esfera preventiva y de gestión del riesgo, en aras de garantizar el cumplimiento de la Constitución Política y la ley, los derechos de las personas y el desarrollo sostenible del territorio departamental, insta a los departamentos a través del Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres(CDGRD) y los Consejos Municipales para le Gestión del Riesgo de Desastres y municipales de gestión de riesgo de desastres (CMGRD) a implementar Sistemas de Alertas Tempranas hidroclimatológicos, con el fin de dar estricto cumplimiento a los lineamientos establecidos, tendientes a prevenir y mitigar siniestros relacionados con los eventos naturales y calamidades conexas.

En este sentido, la Universidad de Pamplona a través del grupo de Investigaciones ambientales Agua, Aire y Suelo GIAAS categoría A, ha venido adelantando una investigación de tipo cuantitativa - aplicada a través de la línea de investigación Variabilidad Climática (VC) y Cambio Climático (CC) con la realización de proyectos de investigación desde el año 2013 en alianza con la Unidad Nacional de gestión del riesgo de desastres UNGRD, el consejo departamental de gestión del riesgo de desastres del departamento de Norte de Santander CDGRD y la Agencia de Cooperación Alemana GIZ proyectos de investigación en sistema de alerta temprana ante eventos climáticos extremos en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, departamento de Norte de Santander (Convenio No. 9677-04-898-2013), con una inversión \$430.000.000; el cual fue uno de los proyectos ganadores

del “Primer concurso Nacional para el reconocimiento e implementación de proyectos de reducción del riesgo a través de medidas de adaptación a la variabilidad y al cambio climático” realizado en el año 2012 por la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD; el objetivo general del proyecto fue Diseñar e implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante inundaciones, sequías, deslizamientos e incendios forestales como medida de Adaptación al Cambio Climático (ACC), que vincule el componente de generación y análisis de información meteorológica y la participación comunitaria.

Jacipt Alexander Ramón
Derly Estefany Vera Mogollón

DISEÑO DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE
EVENTOS EXTREMOS DEL CLIMA.
EXPERIENCIA SATC NORTE DE SANTANDER

1

APARTADO
INTRODUCTORIO

1.1 PRESENTACIÓN DEL LIBRO

Debido a la baja generación de información hidrometeorológica en tiempo real en el territorio nacional no es posible tomar medidas oportunas ante la ocurrencia de eventos climáticos extremos, se propone la implementación de Sistema de Alerta Temprana (SAT). El concepto del Sistema de Alerta Temprana se utiliza en diferentes contextos de gestión de riesgos y se utiliza como herramienta para planificar antes de eventos climáticos extremos. La necesidad de implementación de SAT se fundamenta en la preparación de las comunidades ante la posibilidad de ocurrencia de eventos, ya que al ser un conjunto de herramientas, dispositivos de control, capacidades de gestión y herramientas tecnológicas, que las instituciones clave identifican para difundir información de manera puntual a las comunidades expuestas a un riesgo, y cuyo resultado es medidas de mitigación destinadas a reducir los efectos de los desastres naturales y económicos y las pérdidas de vidas, así como las lesiones (UNISDR, 2009). De Acuerdo a lo anterior se conciben los SAT como estrategias territoriales que reconocen a la comunidad como la principal protagonista de la Gestión del Riesgo.

Dentro de la complejidad de acciones relacionadas con la gestión del riesgo, el Sistema de Alerta Temprana se constituye como elemento principal ya que aporta al fortalecimiento de habilidades y capacidades de respuesta con el fin de reducir la posibilidad de daños en elementos expuestos ante una amenaza o evento adverso. Teniendo en cuenta lo anterior es necesario que las diferentes dependencias departamentales, las entidades públicas y privadas desarrollen un trabajo articulado.

Teniendo en cuenta lo mencionado en párrafos anteriores la Universidad de Pamplona, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y la Gobernación de Norte de Santander a través del CDGRD aúnan esfuerzos para la el desarrollo de un **SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER (SATC)**.

El presente documento se constituye como una guía para la Implementación de Sistemas de Alerta Temprana, por ello expone las diversas etapas y procesos abordados con el Proyecto SATC en el departamento Norte de Santander. La estructura del presente documento se divide en capítulos, inicialmente se realiza una introducción, se abordan bases conceptuales y legales, seguidamente se expone contenido referente a los Sistemas de Alerta Temprana y finalmente se describe el proceso de diseño, implementación y puesta en funcionamiento del sistema de alertas tempranas ante inundaciones y sequías como medida de adaptación al cambio climático en el departamento Norte de Santander.

1.2 INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Alerta Temprana se destacan por ser uno de los elementos principales en los procesos que se llevan a cabo con la gestión del riesgo, ya que esta herramienta contribuye efectivamente a evitar pérdidas de vidas humanas, disminución del impacto económico y material en las poblaciones más vulnerables y afectadas, puesto que pueden llegar a generar información con anterioridad sobre la ocurrencia de algún evento hidro-meteorológico.

El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia, posicionado a nivel nacional e internacional como un sistema sólido y ajustado a las necesidades que se presentan en el territorio ha tenido grandes avances en lo referente a la implementación de la Ley 1523 de 2012 por parte de las administraciones municipales desde la comprensión de sus procesos y la importancia de asumir la corresponsabilidad como un aporte al desarrollo local.

La importancia de la implementación de Sistemas de Alerta Temprana, no solo se fundamenta en normas aplicables a nivel de Colombia, también es de destacar el Marco de Acción de Sendai, en el cual es específica la importancia de la articulación de los procesos que componen la gestión del riesgo desde el conocimiento del territorio, la comprensión de los riesgos existentes. Sin embargo, es de resaltar el papel que juegan las políticas locales, buscando fortalecer la acción en cada uno de los niveles de gobierno y empoderar a la ciudadanía y sus organizaciones, para mejorar las acciones de respuesta, recuperación, rehabilitación y reconstrucción.

La Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres celebrada en Kobe, Japón, en 2005 y la Tercera Conferencia Internacional sobre Alerta Temprana, celebrada en Bonn, Alemania, en 2006 condujeron a la articulación de los SAT con

la acción temprana y la reducción del riesgo, concibiendo los SAT como un sistema de elementos interrelacionados, entre los cuales se encuentran procesos como el conocimiento del riesgo, monitoreo, generación, difusión y comunicación de alertas, entre otros (Cruz, 2009).

En este sentido, es de resaltar los avances alcanzados en torno a Sistemas de Alerta Temprana – SAT – en el país, reconociendo la importancia del monitoreo tecnificado a través de sensores automáticos involucrando la participación comunitaria, de manera tal que pueda realizarse el monitoreo del evento y se activen los canales de comunicación establecidos; por lo tanto, el presente documento se constituye como una herramienta para el diseño e implementación de Sistemas de Alerta Temprana Climatológicos, para prevenir, comunicar y alertar eventualidades que pueden causar amenazas y riesgos a la población. Esto con el fin de dar cumplimiento a la ley 1523 de 2012 (*"política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres y se dictan otras disposiciones"*), ley 1931 de 2018 (*"establece directrices para la gestión del cambio climático en las acciones de adaptación al mismo"*) y la política nacional de cambio climático de 2017 (*"incorporación de la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima"*).

Adicionalmente se evidencia la necesidad de enlazar los procesos de la gestión del riesgo, contribuyendo en la consecución de una Colombia menos vulnerable, con comunidades más resilientes a través de los Sistemas de Alerta Temprana.

Cada gobierno (nacional, departamental o local) cuenta con la potestad de establecer su propia red de alertas, y para lo cual la ley ha creado funciones específicas a cada entidad técnica a nivel regional o local, en vista de la problemática anteriormente citada por la acción de fenómenos como remoción en masa, deslizamientos detonados por lluvia e incremento inusitado de la pluviosidad que ocurren en el departamento Norte de Santander, se ve la necesidad de colocar en marcha un SAT que permita identificar y prevenir amenazas de riesgo que conlleven a ruinas, pérdidas humanas, económicas, de

infraestructura y ambientales. Por lo anterior se viene ejecutando el SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS CLIMATOLÓGICAS ANTE INUNDACIONES Y SEQUIAS COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER (SATC).

El presente documento sintetiza el proceso desarrollado por el proyecto Sistema de Alertas Tempranas Climatológicas (SATC) ante inundaciones y sequias como medida de adaptación al cambio climático en el departamento Norte de Santander.

DISEÑO DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE
EVENTOS EXTREMOS DEL CLIMA.
EXPERIENCIA SATC NORTE DE SANTANDER

2

MARCO CONCEPTUAL

2.1 BASES CONCEPTUALES: GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

Adaptación: *“Comprende el ajuste de los sistemas naturales o humanos a los estímulos climáticos actuales o esperados o a sus efectos, con el fin de moderar perjuicios o explotar oportunidades beneficiosas”*(LEY 1523 , 2012).

Alerta: *“Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento peligroso, con base en el monitoreo del comportamiento del respectivo fenómeno, con el fin de que las entidades y la población involucrada activen procedimientos de acción previamente establecidos”*(LEY 1523 , 2012).

Alerta Temprana: *“Provisión de información oportuna y eficaz a través de instituciones identificadas, que permiten a individuos expuestos a una amenaza, la toma de acciones para evitar o reducir su riesgo y su preparación para una respuesta efectiva”*(EIRD, S.f.).

Amenaza: *“Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdidas y daños”*(LEY 1523 , 2012).

Amenaza Geológica: *“Procesos o fenómenos naturales terrestres, que puedan causar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental”*(EIRD, S.f.).

Amenaza Hidrogeológica: *“Procesos o fenómenos naturales de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico, que pueden causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental”*(EIRD, S.f.).

Análisis y evaluación del riesgo: *Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades* (LEY 1523 , 2012).

Calamidad pública: *“Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas”*(LEY 1523 , 2012).

Conocimiento del riesgo: *“Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre”*(LEY 1523 , 2012).

Desastre: *“Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas”*(LEY 1523 , 2012).

Emergencia: *“Situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general”*(LEY 1523 , 2012).

Exposición (elementos expuestos): *“Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza”*(LEY 1523 , 2012).

Gestión del riesgo: *“Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción”*(LEY 1523 , 2012).

Gestión del riesgo de desastre: *“La gestión del riesgo de desastres, en adelante la gestión del riesgo, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible”*(LEY 1523 , 2012).

Intervención: *“Corresponde al tratamiento del riesgo mediante la modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir la amenaza que representa o de modificar las características intrínsecas de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad”*(LEY 1523 , 2012).

Manejo de desastres: *“Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación posdesastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entiéndase: rehabilitación y recuperación”*(LEY 1523 , 2012).

Mitigación del riesgo: *“Medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de*

reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente”(LEY 1523 , 2012).

Preparación: *“Es el conjunto de acciones principalmente de coordinación, sistemas de alerta, capacitación, equipamiento, centros de reserva y albergues y entrenamiento, con el propósito de optimizar la ejecución de los diferentes servicios básicos de respuesta”(LEY 1523 , 2012).*

Prevención de riesgo: *“Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible”(LEY 1523 , 2012).*

Recuperación: *“Son las acciones para el restablecimiento de las condiciones normales de vida mediante la rehabilitación, reparación o reconstrucción del área afectada, los bienes y servicios interrumpidos o deteriorados y el restablecimiento e impulso del desarrollo económico y social de la comunidad”(LEY 1523 , 2012).*

Reducción del riesgo: *“Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, Son medidas de mitigación y prevención las que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos”(LEY 1523 , 2012).*

Respuesta: *“Ejecución de las actividades necesarias para la atención de la emergencia como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate,*

albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, y el manejo general de la respuesta, entre otros(LEY 1523 , 2012).

Riesgo de desastres: *“Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico”*(LEY 1523 , 2012).

Vulnerabilidad: *“Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente”*(LEY 1523 , 2012).

2.2 BASES CONCEPTUALES: CAMBIO CLIMÁTICO

Adaptación al Cambio Climático: *“Es el proceso de ajuste a los efectos presentes y esperados del cambio climático. En ámbitos sociales de decisión corresponde al proceso de ajuste que busca atenuar los efectos perjudiciales y/o aprovechar las oportunidades beneficiosas presentes o esperadas del clima y sus efectos. En los socio ecosistemas, el proceso de ajuste de la biodiversidad al clima actual y sus efectos puede ser intervenido por la sociedad con el propósito de facilitar el ajuste al clima esperado”* (Ley 1931, 2018).

Antropogénico: *“Resultante de la actividad de los seres humanos o producto de esta”* (Ley 1931, 2018).

Cambio climático: *“Variación del estado del clima, identificable, por ejemplo, mediante pruebas estadísticas, en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera por el incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero o del uso del suelo”* (Ley 1931, 2018).

Desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima: *“Se entiende por tal el desarrollo que genera un mínimo de gases de efecto invernadero y gestiona adecuadamente los riesgos asociados al clima, reduciendo la vulnerabilidad, mientras aprovecha al máximo las oportunidades de desarrollo y las oportunidades que el cambio climático genera”* (Ley 1931, 2018).

Efecto invernadero: *“Es el fenómeno natural por el cual la tierra retiene parte de la energía solar, permitiendo mantener una temperatura que posibilita el desarrollo natural de los seres vivos que la habitan”*(Ley 1931, 2018).

Gases de efecto invernadero (GEI): *“Son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, de origen natural o antropogénico, que absorben y emiten la energía solar reflejada por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes. Los principales gases de efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el Hexafluoruro de Azufre (SF₆)”*(Ley 1931, 2018).

Gestión del cambio climático: *“Es el proceso coordinado de diseño, implementación y evaluación de acciones de mitigación de GEI y adaptación al cambio climático orientado a reducir la vulnerabilidad de la población, infraestructura y ecosistemas a los efectos del cambio climático. También incluye las acciones orientadas a permitir y a aprovechar las oportunidades que el cambio climático genera”*(Ley 1931, 2018).

Mitigación de gases de efecto invernadero: *“Es la gestión que busca reducir los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a través de la limitación o disminución de las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero y el aumento o mejora de los sumideros y reservas de gases de efecto invernadero”*(Ley 1931, 2018).

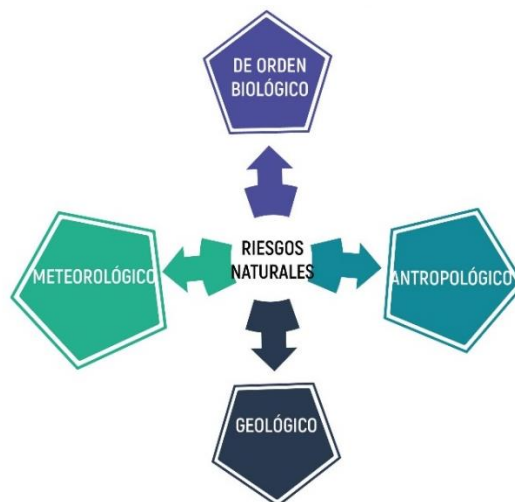
Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales: *“Los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales (PIGCCS) son los instrumentos a través de los cuales cada Ministerio identifica, evalúa y orienta la incorporación de medidas de mitigación de gases efecto invernadero y adaptación al cambio climático en las políticas y regulaciones del respectivo sector”*(Ley 1931, 2018).

Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales: *“Los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales (PIGCCT) son los instrumentos a través de los cuales las entidades territoriales y autoridades ambientales regionales identifican, evalúan, priorizan, y definen medidas y acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero, para ser implementados en el territorio para el cual han sido formulados” (Ley 1931, 2018).*

Resiliencia o capacidad de adaptación: *“Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosa, respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación” (Ley 1931, 2018).*

Riesgo asociado al cambio climático: *“Potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y la amenaza. En la presente ley, el término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los riesgos asociados a los impactos del cambio climático” (Ley 1931, 2018).*

Figura 1. Tipos de riesgo naturales



Fuente: Autores

Variabilidad climática: *“La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos del clima en todas las escalas temporales y espaciales (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos como El Niño y La Niña, etc.), más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa)”* (Ley 1931, 2018).

2.3 BASES CONCEPTUALES: CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA

Alerta (Alertas): *“Advierte a los sistemas de prevención y atención de desastres sobre la amenaza que puede ocasionar un fenómeno con efectos adversos para la población y que requiere atención inmediata por parte de la población y de organismos de prevención. Se emite una alerta cuando un evento indica probabilidad de amenaza inminente”*(IDEAM, S,f).

Alerta amarilla (Alertas hidrológicas): *“Se declara cuando la persistencia e intensidad de las lluvias mantiene una tendencia ascendente del nivel de un río y por ello, es posible que se den situaciones de riesgo y se produzca el desbordamiento del río en un tiempo corto (días)”*(IDEAM, S,f).

Alerta naranja (Alertas hidrológicas): *“Se declara cuando la tendencia ascendente del nivel de un río y la persistencia de las lluvias impliquen situaciones inminentes de riesgo y de anegamientos o inundaciones que empiecen a afectar zonas pobladas”*(IDEAM, S,f).

Alerta roja (Alertas hidrológicas): *“Se declara cuando el nivel del río ha alcanzado o superado niveles críticos, produciéndose su desbordamiento y la afectación de zonas pobladas ubicadas por fuera del cauce”*(IDEAM, S,f).

Atmósfera: *“Capa gaseosa que rodea nuestro planeta. Además de contener el aire, incluye partículas sólidas y líquidas en suspensión o aerosoles y nubes. La composición de la atmósfera y los procesos que en ella se desarrollan tienen gran influencia en la actividad humana y en el comportamiento del medio ambiente en general”*(IDEAM, S,f).

Avalancha (Alertas hidrológicas): *“Movimiento en masa que se desplaza bruscamente por las laderas de una montaña, arrastrando gran cantidad de material rocoso, vegetación y escombros. Pueden variar desde un pequeño flujo superficial hasta una gigantesca masa destructiva”*(IDEAM, S,f).

Aviso (Alertas): *“Indica la presencia de un fenómeno. No implica amenaza inmediata y por lo tanto es catalogado como un mensaje para informar. El aviso implica vigilancia continua ya que las condiciones son propicias para el desarrollo de un fenómeno, sin que se requiera permanecer alerta”*(IDEAM, S,f).

Boletín (Alertas): *“Es un mensaje oficial por el cual se difunde información. Por lo regular se refiere a eventos observados, reportados o registrados y puede contener algunos elementos de pronóstico a manera de orientación. Por sus características pretéritas y futuras difiere del aviso y de la alerta y por lo general no está encaminado a alertar sino a informar”*(IDEAM, S,f).

Brillo Solar: *“Es la radiación del sol es a través de la medición de las horas de sol efectivo en el día (brillo solar o insolación), que se asocia a la cantidad de tiempo durante el cual la superficie del suelo es irradiada por la radiación solar directa”*(IDEAM, 2005).

Caudal crítico: *“Condición del caudal en la que la velocidad media corresponde a uno de los valores críticos, generalmente a la profundidad y velocidad críticas. Se usa también con referencia a las velocidades críticas de Reynolds que definen el punto en el cual el caudal deja de ser laminar o no turbulento. Descarga máxima de un conducto que tiene una salida libre y agua acumulada en la entrada”*(IDEAM, S,f).

Caudal Ecológico: *“Caudal mínimo que debe mantenerse en un curso fluvial al construir una represa, captación o derivación, de forma que no se alteren las condiciones naturales del biotopo y se garantice el desarrollo de una vida fluvial igual, o al menos parecida a la que existía anteriormente en el río”*(IDEAM, S,f).

Clima: *“Es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo, en un periodo y región dados, y controlado por factores forzantes y determinantes, y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático (atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y troposfera)”(IDEAM, 2005).*

Deslizamiento: *“Movimiento en masa de grandes volúmenes de materiales (suelos, rocas, cobertura vegetal) que se desprenden y se desplazan pendiente abajo. Los deslizamientos son movimientos caracterizados por desarrollar una o varias superficies de ruptura, una zona de desplazamiento y una zona de acumulación de material desplazado bien definidas”(IDEAM, S,f).*

Escasez: *“Según el consenso creciente de los hidrólogos, un país tiene escasez de agua cuando el suministro anual de agua dulce renovable es inferior a 1.000 metros cúbicos por persona. Esos países probablemente experimenten condiciones crónicas y extendidas de escasez de agua que han de obstruir su desarrollo. El límite crítico inferior es de 500 m³ per capita por año”(IDEAM, S,f).*

Estación Agrometeorológica (AM) (Redes): *“En esta estación se realizan observaciones meteorológicas y biológicas, incluyendo fenológicas y otras observaciones que ayuden a determinar las relaciones entre el tiempo y el clima, por una parte y la vida de las plantas y los animales, por la otra. Incluye el mismo programa de observaciones de la estación CP, más registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro) y en la capa cercana al suelo (0, 10 y 20 cm sobre el suelo)”(IDEAM, S,f).*

Estación Climatológica Ordinaria (CO) (Redes): *“Este tipo de estaciones poseen obligatoriamente un pluviómetro, pluviógrafo y psicrómetro. Es decir, miden lluvias y temperaturas extremas e instantáneas”(IDEAM, S,f).*

Estación Climatológica Principal (CP) (Redes): *“Es aquella en la cual se hacen observaciones de visibilidad, tiempo atmosférico presente, cantidad, tipo y altura de las nubes, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad, viento, radiación, solar, brillo solar, evaporación y fenómenos especiales. Gran parte de estos parámetros se obtienen de instrumentos registradores. Por lo general se efectúan tres observaciones diarias”*(IDEAM, S,f).

Estación de Radiosonda (RS): *“La estación de radiosonda tiene por finalidad la observación de temperaturas, presión, humedad y viento en las capas altas de la atmósfera (tropósfera y baja estratósfera), mediante el rastreo, por medios electrónicos o de radar, de la trayectoria de un globo meteorológico que asciende libremente”*(IDEAM, S,f).

Estación Pluviográfica (PG) (Redes): *“Registra en forma mecánica y continua la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia. Actualmente se utilizan los pluviógrafos de registro diario”*(IDEAM, S,f).

Estación Pluviómetrica (PM) (Redes): *“Es una estación meteorológica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas”*(IDEAM, S,f).

Estación Sinóptica Principal (SP) (Redes): *“En este tipo de estación se efectúan observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas convenidas internacionalmente. Los datos se toman horariamente y corresponden a nubosidad, dirección y velocidad de los vientos, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, características de humedad, precipitación, temperaturas extremas, capas significativas de nubes, recorrido del viento y secuencia de los fenómenos atmosféricos”*(IDEAM, S,f).

Estación Sinóptica Secundaria (SS) (Redes): *“Al igual que en la estación anterior, las observaciones se realizan a horas convenidas internacionalmente y los datos corresponden comúnmente a visibilidad, fenómenos especiales, tiempo atmosférico, nubosidad, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad del aire y viento”(IDEAM, S,f).*

Estaciones Meteorológicas (Redes): *“Se entiende como Estación Meteorológica el sitio donde se hacen observaciones y mediciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer el comportamiento atmosférico en las diferentes zonas de un territorio”(IDEAM, S,f).*

Helada (Alertas hidrológicas): *“En términos meteorológicos, es la ocurrencia de una temperatura igual o menor a 0 °C a un nivel de 1.5 a 2 m sobre el nivel del suelo, es decir, al nivel reglamentario en que se instalan las casetas de medición meteorológica. Desde el punto de vista agrometeorológico podría definirse una helada como la temperatura baja a la cual los tejidos de la planta comienzan a sufrir daño”(IDEAM, S,f).*

Helada por advección: *“Helada debida principalmente al transporte de aire húmedo por encima de una superficie cuya temperatura está por debajo del punto de congelación”(IDEAM, S,f).*

Helada por radiación (Alertas hidrológicas): *“Se origina por la pérdida de calor que sufren las plantas y el suelo y que ceden a la atmósfera durante la noche a través del proceso de radiación. Este tipo de helada es favorecida por ciertas condiciones locales como ausencia de viento, cielo despejado y baja humedad del aire. Es la helada típica de las regiones tropicales”(IDEAM, S,f).*

Hidrología: *“Es el estudio del movimiento, de la distribución, y de la calidad de agua a través de la tierra”(IDEAM, S,f).*

Humedad atmosférica: *“Es el porcentaje de humedad que contiene el aire con respecto al total que es capaz de contener como función de su temperatura y su presión”*(IDEAM, 2005).

Incendio: *“Fuego que se propaga sin control consumiendo material vegetal como combustible principal y afecta un área superior a una hectárea”*(IDEAM, S,f).

Incendio en la cobertura vegetal (Meteorología): *“Es el fuego que se extiende sin control sobre el material vegetal (rastrajos, matorrales, sabanas, pastizales, páramos, cultivos y plantaciones forestales). Se da cuando ocurren en el mismo sitio y al mismo tiempo calor, oxígeno (aire) y combustible (material vegetal); si alguno de los tres componentes falta, el fuego no se produce, o si se elimina alguno de ellos, el fuego cesa”*(IDEAM, S,f).

Índice de sequía: *“Valor calculado con relación a algunos de los efectos acumulativos de una prolongada y anormal deficiencia de humedad. Un índice de sequía hidrológica se referiría a niveles por debajo de la media en los cursos de agua, lagos y embalses. Sin embargo un índice de sequía agrícola ha de referirse a los efectos de un déficit total o anormal de transpiración en los cultivos”*(IDEAM, S,f).

Inundación (Alertas hidrológicas): *“Es un evento natural y recurrente que se produce en las corrientes de agua, como resultado de lluvias intensas o continuas que, al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, desbordan e inundan llanuras de inundación, en general, aquellos terrenos aledaños a los cursos de agua. Las inundaciones se pueden dividir de acuerdo con el régimen de los cauces en: lenta o de tipo aluvial, súbita o de tipo torrencial y encharcamiento”* (IDEAM, S,f).

Inundación (hidrología): *“La inundación es un evento natural y recurrente que se produce en las corrientes de agua. Es el resultado de intensas precipitaciones o de continuas lluvias que, al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y la*

capacidad de los cauces, desbordan e anegan llanuras de inundación, representadas en general por aquellos terrenos aledaños a los cursos de agua. Las inundaciones se pueden dividir, de acuerdo con el régimen de los cauces (IDEAM, S.f).

Movimiento en masa (Meteorología): *“Es el transporte de una masa importante de material litológico, restos vegetales y/o escombros desplazada pendiente abajo por acción de la gravedad, del agua y/o del hielo”. (IDEAM, S.f.)*

Precipitación. *“La precipitación es la caída de partículas de agua líquida o sólida que se originan en una nube, atraviesan la atmósfera y llegan al suelo. La cantidad de precipitación es el volumen de agua lluvia que pasa a través de una superficie en un tiempo determinado (IDEAM, S.f).*

Temperatura: *“Es una medida del grado de calor o frío de un cuerpo o un medio los tres parámetros que describen el régimen de la temperatura en un determinado lugar son la temperatura media, la máxima media y la mínima media, en la escala media mensual multianual (IDEAM, 2005).*

Viento: *“Es el aire en movimiento. Se representa por un vector que puede ser descompuesto en una componente horizontal y otra vertical. La proyección horizontal del vector viento es lo que llamamos viento, y a la componente vertical se le denomina corriente ascendente o descendente, según corresponda (IDEAM, 2005).*

Red Meteorológica: *“Una red meteorológica es el conjunto de estaciones, convenientemente distribuidas, en las que se observan, miden y/o registran los diferentes fenómenos y elementos atmosféricos que son necesarios en la determinación del estado del tiempo y el clima en una región, para su posterior aplicación a diversos usos y objetivos (IDEAM, 2005).*

Red Climatológica: *“Esta red la componen las denominadas estaciones climatológicas en las cuales se miden, además de la precipitación, otras variables*

meteorológicas como la temperatura, las características de humedad del aire, el brillo solar, el viento (dirección, recorrido y velocidad) y la evaporación, con el propósito de obtener las variables usadas para el seguimiento y estudio del clima(IDEAM, 2005).

DISEÑO DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE
EVENTOS EXTREMOS DEL CLIMA.
EXPERIENCIA SATC NORTE DE SANTANDER

3 REFERENTES LEGALES

3.1 REFERENTES LEGALES

3.1.1. En el año 2006, se organizó la tercera conferencia internacional sobre Alerta Temprana Titulada “del concepto a la acción”, está brindando la oportunidad de presentar nuevos e innovadores proyectos de alertas tempranas y discutir las diferentes amenazas de todo el mundo, así como la forma de reducir al mínimo sus impactos mediante la aplicación de alertas tempranas centradas en la población (Ministerio de Educación de Panamá, 2006).

3.1.2. En el año 2010, es implantado en Colombia la Guía Plan para La Gestión del Riesgo, que tiene como propósito orientar a la comunidad educativa en la formulación e implantación de planes para la gestión del riesgo (Ministerio del interior y de Justicia, 2010).

3.1.3 El Ministerio de educación de Panamá, UNESCO, Comisión Europea en el año 2011, publicaron un manual llamado “MANUAL SOBRE SISTEMAS DE ALERTAS TEMPRANAS 10 Preguntas- 10 Respuestas” el cual brinda información que ayuda a resolver algunas de las preguntas más frecuentes que surgen con el tema (Ministerio de Educación de Panamá, 2011).

3.1.4. En el año 2012, la comisión del Banco mundial Colombia publicó el Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia, un aporte para la construcción de políticas públicas, “el cual muestra cuatro factores por los cuales el riesgo está aumentando, destacando que esto se debe más a la inadecuada gestión territorial, sectorial y privada, que por factores externos como el cambio climático” (Comisión del Banco Mundial, S,F).

3.1.6. Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de

Desastres y se dictan otras disposiciones. El objetivo de la ley es; "*Llevar a cabo el proceso social de la gestión del riesgo con el propósito de ofrecer protección a la población en el territorio colombiano, mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible*"(LEY 1523 , 2012).

3.1.7. La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres Sistema Nacional de Gestión del Riesgo público en el año 2013 la Guía Metodológica para la Elaboración de la Estrategia de Respuesta Municipal "Preparación para el Manejo de Emergencias y Desastres", la cual es una herramienta primordial y muy útil a la hora de generar un plan de gestión del riesgo, debido a que brinda una guía y ayuda para su elaboración (UNGRD, 2013).

3.1.8. Ley 1931 de 2018. " La presente ley tiene por objeto establecer las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono"(Ley 1931, 2018).

DISEÑO DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE
EVENTOS EXTREMOS DEL CLIMA.
EXPERIENCIA SATC NORTE DE SANTANDER

4 SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICA

4.1 DEFINICIÓN

De acuerdo a la UNGRD, el Sistema de Alerta Temprana, funciona como una medida de adaptación al cambio climático basado en sistemas de comunicación integrados que proporciona información valiosa dando aviso sobre los niveles hídricos, condiciones meteorológicas y advertir a la comunidad de zonas con alto riesgo ante la ocurrencia de un fenómeno natural. Por lo anterior, es evidente que los SATC fortalecen los procesos de conocimiento y reducción del riesgo con la finalidad de empoderar a las comunidades vulnerables frente a los riesgos presentados en su territorio. Un Sistema de Alerta Temprana diseñado correctamente ayuda a salvar vidas, cultivos, tierras e infraestructuras, y contribuyen a la sostenibilidad, a planificar, ahorrar y proteger las economías.

4.2 ORIGEN DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

Debido a factores geológicos, geomorfológicos, hidroclimáticos, y al creciente aumento de la vulnerabilidad, como resultado de la inadecuada planificación y ocupación del territorio cerca del 82% de la población colombiana está bajo condiciones de riesgo. Así mismo el inadecuado desarrollo y asentamiento de las comunidades hacen que la población sea vulnerable y poco resiliente. (Landa, 2008) (Campos, 2012) (Fernández, 2012)

Frente a lo mencionado anteriormente, el gobierno nacional ha planteado estrategias con la finalidad de hacer frente a esta situación, buscando reducir o evitar impactos de gran magnitud. Se ha pasado así del concepto de "atención de desastres", con la creación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en el año 1989, a la "gestión del riesgo", con la sanción de la Ley 1523 de 2012, por la cual se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre, en cabeza de la UNGRD. (UNGRD, 2012)

Figura 2. Evolución de la gestión del riesgo de desastres en Colombia.



Fuente: UNGRD, S, F.

El planteamiento de estrategias y los cambios de enfoque en las políticas nacionales, conduce a la generación de aportes a los compromisos adquiridos en el marco de acuerdos internacionales, como el Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015, "Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres", aprobado durante la Segunda Conferencia Mundial sobre Reducción de Desastres llevado a cabo en Hyogo-Japón.

"El marco cuenta con cinco prioridades de acción:

1. *Velar porque la reducción del riesgo de desastres constituya una prioridad nacional y local.*
2. *Identificar, evaluar y seguir de cerca el riesgo de desastres y potenciar la alerta temprana.*
3. *Utilizar el conocimiento, la innovación y la educación para establecer una cultura de seguridad y de resiliencia.*
4. *Reducir los factores subyacentes del riesgo.*
5. *Fortalecer la preparación ante los desastres para lograr una respuesta eficaz a todo nivel. Con base en estas prioridades, los SAT toman gran relevancia en la gestión del riesgo nacional." (López-García & Carvajal-Escobar, 2017)*

4.3 IMPORTANCIA

La importancia de implementar un SAT, es que permite conocer anticipadamente la ocurrencia de una amenaza o evento adverso, el cual pueda afectar potencialmente los elementos expuestos. Por tanto, es fundamental que las alertas se anuncien con suficiente tiempo y que los primeros respondientes estén lo suficientemente preparados para responder. Así mismo se enfoca en el fortalecimiento de los mecanismos de reducción y control de riesgos.

Además, es evidente el aumento de eventos de precipitaciones con alta intensidades, y corta duración en los últimos años, que como resultado han disparado la frecuencia de eventos como: Deslizamientos e inundaciones, afectando a la comunidad con mayor grado de vulnerabilidad. Los sistemas de alerta temprana abordan las necesidades reales de las comunidades y las personas en riesgo (Hall P. , 2007).

4.4 OBJETIVO

En los últimos años ha aumentado la ocurrencia e intensidad de procesos hidrometeorológicos ocasionando impactos críticos debido a la afectación de vidas humanas, infraestructura, ambiente y dinámicas económicas en la región. La información hidroclimática del territorio presenta un déficit afectando la generación de alertas tempranas para prevenir y mitigar impactos a corto, mediano y largo plazo. Esta condición influye en la reacción que las autoridades pueden tener para enfrentar estas eventualidades (Ramón Valencia, Palacios González, Santos Granados, & Ramón Valencia, 2009).

El objetivo fundamental de un SAT es realizar monitoreo continuo de variables hidrometeorológicas con la finalidad de ofrecer información anticipada acerca de la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos, buscando así evitar impactos, lesiones personales, pérdidas de vidas, daños a los bienes y al ambiente, mediante la aplicación de medidas de protección y reducción de riesgos.

4.5 FUNCIONAMIENTO

Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), *“Los sistemas de alerta temprana incluyen tres elementos, a saber: conocimiento y mapeo de amenazas; monitoreo y pronóstico de eventos inminentes; proceso y difusión de alertas comprensibles a las autoridades políticas y población, así como adopción de medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales alertas”.* (EIRD, S.f.)

El conocimiento del riesgo y mapeo de amenazas, se constituye como un proceso fundamental y como base preliminar para el establecimiento de un Sistema de Alertas Tempranas, por ende, se requiere que el mapeo se realice de forma constante para obtener productos actualizados en los cuales se evidencien amenazas. Adicionalmente, se contemplan los inventarios de desastre como una herramienta fundamental que permite identificar los elementos vulnerables, estableciendo la relación entre el desastre y el evento que lo desencadena.

Seguidamente, el monitoreo y pronóstico. Una vez identificada la amenaza, se deben efectuar actividades dirigidas al monitoreo y vigilancia constante de estas. El monitoreo se puede realizar a través de la implementación de sensores, monitoreo visual u otros, una vez instalados los sensores con la información que estos proporcionan es mucho más fácil realizar pronósticos confiables y acertados. Se han integrado al uso de los ordenadores y medios de comunicación, como parte de la estrategia del país para la reducción del riesgo en desastres de origen hidro-meteorológico [Domínguez E. A., 2010]

En el tercer paso, el de alerta, con la información disponible se decide el nivel de alerta, acciones a ejecutar, entre otros, los cuales se difunden a la comunidad.

Figura 3. Elementos de un SATC



Fuente: Autores

De acuerdo con los compromisos adquiridos por Colombia, se han logrado avances en el fortalecimiento de los sistemas de comunicación para difusión de las alertas tempranas en tiempo real. (Hall, 2007)

La población debe estar preparada para actuar ante una situación de riesgo, por tanto, requiere el desarrollo de capacidades que le permitan identificar las amenazas a las que se encuentra expuesta, sus causas y consecuencias. Adicionalmente, la preparación debe estar integrada a los demás elementos que conforman el SAT, porque de poco sirve tener un aviso temprano y acertado, si las personas no saben cómo actuar o no poseen un plan de emergencia con rutas de evacuación.

4.6 ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

Los sistemas de alerta temprana pueden tener diferentes estructuras que varían en su complejidad, pero, por lo general, están conformados por los siguientes subsistemas (Maskrey, 1997):

- *“Subsistema de alerta, compuesto por las predicciones y la monitorización de los peligros a nivel nacional e internacional, el cual produce información científica que se transmite a las autoridades nacionales encargadas de los desastres;*
- *Subsistema de información del riesgo, el cual permite generar el escenario del riesgo e identificar los impactos potenciales, así como los grupos y sectores vulnerables que pueden verse afectados por el desastre;*
- *Subsistema de preparación, mediante el cual se desarrollan estrategias y acciones para reducir los daños generados por el desastre, y*
- *Subsistema de comunicación, cuyo objetivo es comunicar la información oportuna sobre el peligro, haciendo énfasis en los grupos vulnerables y teniendo en cuenta medidas de mitigación, escenarios potenciales de riesgo y estrategias de preparación.”* (Maskrey, 1997)

Figura 4. Estructura de los Sistemas de Alerta Temprana



Fuente: Autores

4.7 REFERENTES DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

En el presente apartado se abordan los antecedentes consultados a nivel nacional y departamental, dichas investigaciones se describen a continuación:

Colombia se ha unido a redes internacionales de pronóstico y alerta de diferentes fenómenos naturales a través de Convenios con las Naciones Unidas. Por tanto, a partir de los años 60 se ha comprometido con la implementación de redes de monitoreo hidrometeorológico, que incluyen redes de comunicación para intercambio de datos e interacción con centros mundiales de proceso de la información recolectada.

Los sistemas de alerta temprana se han venido desarrollando de manera paralela. La primera experiencia fue en 1976, con el Servicio Colombiano de Hidrología y Meteorología (SCMH), el cual se basaba en el procesamiento de información proveniente de radios y teléfonos. Este sistema suministraba datos cuantitativos y daba apoyo a los organismos de socorro en la temporada invernal (Domínguez E. A., 2010)

A partir de la expedición de la ley de gestión del riesgo de desastres (Ley 1523 de 2012), los municipios del país deben hacer estudios de riesgos naturales como parte esencial de las políticas de planificación del desarrollo seguro y gestión ambiental territorial sostenible. Como se ha presentado en la Ley 1523 de 2012, la gestión del riesgo es un proceso social que enmarca tres componentes principales: el conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de desastres, cuyo fin es contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible. El proceso planteado en esta guía comprende tres grandes etapas: 1) análisis del riesgo, 2) evaluación del riesgo, y 3) mitigación y prevención del riesgo.

Cada una de ellas consta, a su vez, de una serie de elementos y procesos que, de acuerdo con el tipo de evaluación que se realice, pueden ser de mayor o menor grado de detalle y complejidad. (LEY 1523 , 2012)

Los sistemas de alerta temprana han evolucionado con el conocimiento científico. En su desarrollo, identifica cuatro etapas.

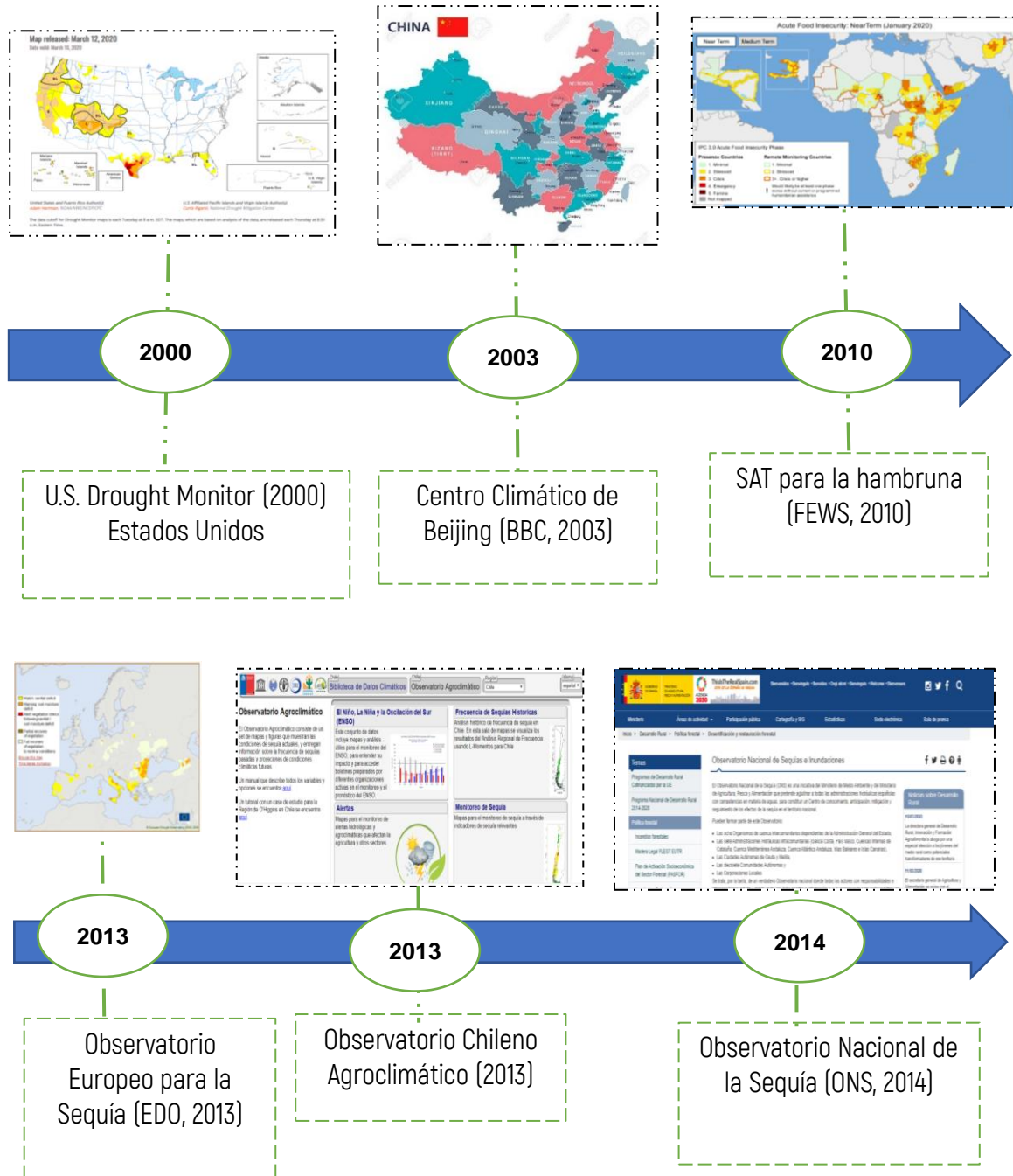
1. Los sistemas pre-científicos, que se basan en las primeras observaciones sobre fenómenos simples como la forma de las nubes, el estado del océano o la visibilidad de las estrellas.
2. Los sistemas de alerta temprana ad hoc, que son sistemas específicos desarrollados por iniciativa de científicos o personas interesadas en el tema del riesgo.
3. Los sistemas de alerta temprana desarrollados por los servicios meteorológicos, que implican una entrega organizada, lineal y unidireccional de los productos de la alerta a los usuarios por parte de los expertos.
4. El sistema de alerta temprana integral, el cual vincula todos los elementos necesarios para la advertencia temprana y la respuesta eficaz, e incluye el papel del elemento humano del sistema y la gestión de riesgos. (DOMINGUEZ CALLE & LOZANO BAEZ, 2014)

4.7.1 LOS SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA DE SEQUÍAS

A nivel mundial, los sistemas de alerta temprana de sequías se encuentran poco desarrollados. Sin embargo, se destacan el sistema de información y alerta mundial de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO-GIEWS), y el del Centro de Investigación de Peligros Benfield, de la Universidad de Londres. Estas instituciones facilitan información sobre las sequías a nivel mundial a través de reportes y mapas interactivos. (DOMINGUEZ CALLE & LOZANO BAEZ, 2014).

En la figura 5, se observan importantes sistemas de alerta temprana de sequías a nivel mundial.

Figura 5. Sistemas de Alerta Temprana de sequías en el mundo



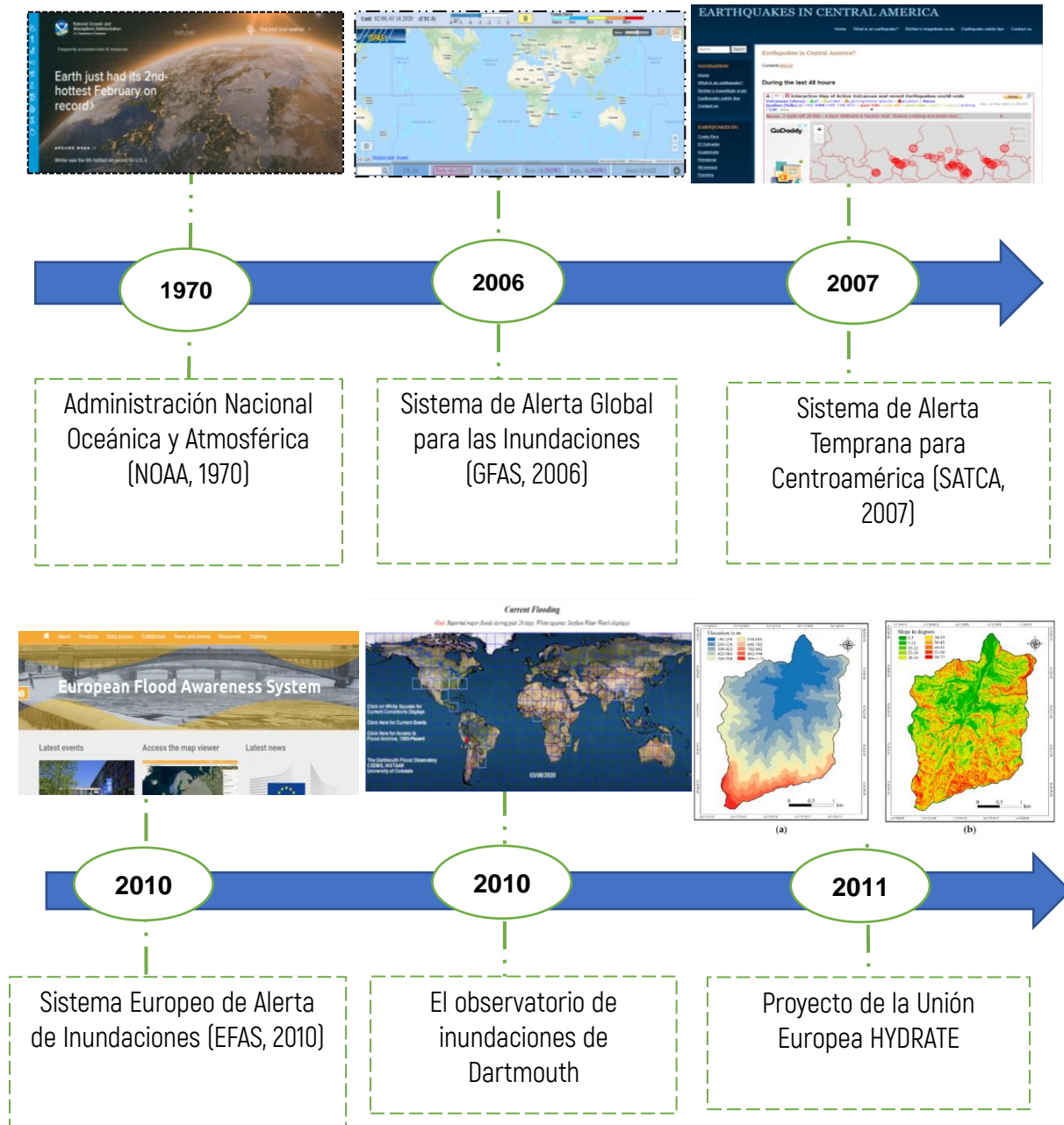
Fuente: Autores

Diseño de Sistemas de Alerta Temprana ante eventos extremos del clima.

4.7.2. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA DE INUNDACIONES

De acuerdo a Domínguez Calle & Lozano Báez (2014), entre los sistemas de alerta temprana de inundaciones a nivel mundial se destacan

Figura 6. Sistemas de Alerta Temprana de inundaciones en el mundo



Fuente: Autores

4.7.3. SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA EN COLOMBIA

Existen en el país, sistemas nacionales de alerta temprana para fenómenos de gran escala, manejados por entidades del orden nacional como IDEAM, DIMAR, Corporación OSSO y SGC; algunos sistemas regionales instalados por Corporaciones Ambientales como el de la CAR y sistemas municipales como el implementado por el Área Metropolitana del Valle de Aburra. (Domínguez & Lozano, 2014)

En la siguiente tabla se muestran los Sistemas de Alerta Temprana que se han venido implementando a nivel nacional

Tabla 1. Sistema de Alerta Temprana implementados en el territorio nacional

UBICACIÓN	TIPO DE SAT			ACCESIBILIDAD
	NIVEL	AMENAZA	ENFOQUE	
Bogotá	Municipal	Multi-amenaza	centralizado	www.sire.gov.co
SNGRD	Nacional	Multi-amenaza	centralizado	190.60.210.210:8080/DGR/index.jsf
OSSO	Nacional	tsunamis	centralizado	www.osso.org.co/tsunami/
Norte de Santander	Departamental	multi-amenaza	Centralizado	www.satnortedesantander.org
La guajira	Departamental	Inundaciones y deslizamientos	centralizado	Corpoguajira.gov.co/wp/programas-y-proyectos/sistema-de-alerta-temprana/
Tolima	Departamental	Inundaciones	centralizado	www.cdgrdtolima.gov.co/
Valle de aburra	Municipal	Multi-amenaza	centralizado	www.siata.gov.co/newpage/index.php
Barranquilla	Municipal	Inundaciones	centralizado	www.arroyosdebarranquilla.co/
Manizales	Municipal	deslizamientos	centralizado	Idea.manizales.unal.edu.co/index.php./estado-tiempo-caldas
IDEAM	Municipal	Multi-amenaza	centralizado	Pronostico.ideam.gov.co/js/746
Bogotá	Municipal	Multi-amenaza	centralizado	www.sire.gov.co

Fuente: Autores adaptado de la UNGRD

Adicionalmente se tienen otros Sistemas de Alerta Temprana como el Sistema acústico de alerta temprana en Bucaramanga (2013), *Sistema de Alerta Temprana (SAT) por inundaciones de Manizales (2018)* y el *Sistema de Alerta Temprana (SAT) de Mocoa (2018)*.

SISTEMA DE ALERTA EN EL DEPARTAMENTO

Los sistemas de alerta temprana en el departamento están avanzando, dado que existe el SATC de la universidad de Pamplona, que consiste en la IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES Y SEQUÍAS COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER, en colaboración de la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD y el Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres del departamento Norte de Santander CDGRD.

El objeto del proyecto es Anuar esfuerzos con el fin de diseñar, implementar y poner en funcionamiento un sistema de alertas hidro climatológicas tempranas (SATC) ante eventos climáticos de inundación y sequía como medida de adaptación al cambio climático, que vincule la sostenibilidad y ampliación del sistema actual a través del componente de generación y análisis de información meteorológica con la participación comunitaria y la respuesta oportuna de los organismos competentes en la cuencas de los ríos Zulia, Pamplonita, Táchira, Chitagá, Algodonal y Tibú, para el periodo 2018, 2019 y 2020 con una duración de treinta (30) meses. [Nota de prensa de Norte de Santander, 2018].

Otro sistema es el implementado por la universidad Francisco de Paula Santander sede Ocaña, denominado implementación de la primera fase del sistema de alertas tempranas en la cuenca alta del río Catatumbo. Desarrollado por CORPONOR Territorial Ocaña. En este se implementan estrategias de sostenibilidad y fortalecimiento del conocimiento tales como: Taller General: Dirigido a los diferentes actores de los tres municipios incluidos en el convenio. (Alcaldes, Coordinadores municipales de gestión del riesgo, los gerentes de los gremios económicos más representativos, los encargados de los cuerpos de socorro; Talleres locales: Dirigido a los actores directamente implicados en cada uno de los municipios; Observadores: El desarrollo de la Red VOCA, La Red de Voluntarios Observadores del Clima "RedVOCA", es una estrategia de recopilación de información manual comunitaria, conformada por observadores voluntarios

que muestren interés por el medio ambiente y se comprometan de buena voluntad a llevar los registros de lo observado y lo medido por los instrumentos de medición manual instalados en las cercanías a sus viviendas; Capacitación en variabilidad y cambio climático, fenómenos niño-niña, adaptación y mitigación al cambio climático, gestión del riego y alertas tempranas, como estrategia del fortalecimiento del conocimiento.

DISEÑO DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE
EVENTOS EXTREMOS DEL CLIMA.
EXPERIENCIA SATC NORTE DE SANTANDER

5

DISEÑO,
IMPLEMENTACIÓN Y
PUESTA EN
FUNCIONAMIENTO
DE UN SISTEMA DE
ALERTA TEMPRANA
CLIMATOLÓGICO -
SATC

5.1 DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICO - SATC

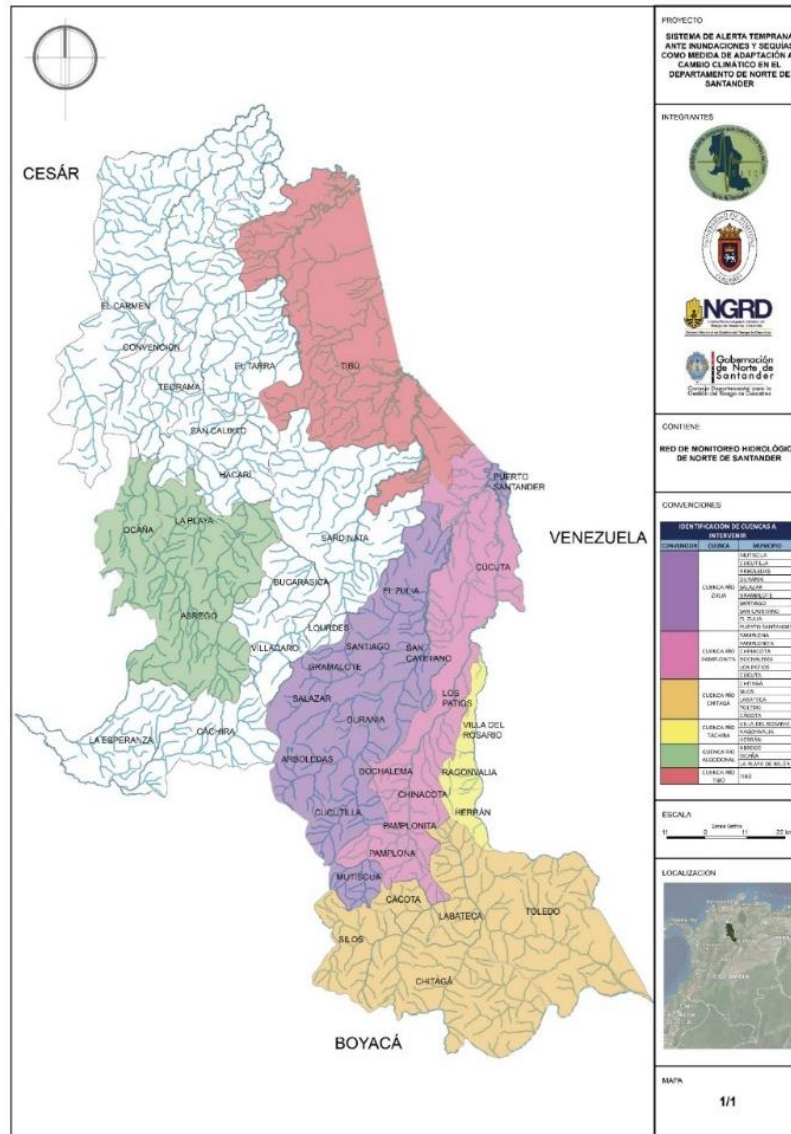
EL DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES Y SEQUÍAS COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER”, liderado por la Universidad de Pamplona con la colaboración de la Unidad nacional de gestión de Riesgo de Desastres UNGRD y el Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres del departamento Norte de Santander CDGRD. El objeto del proyecto es aunar esfuerzos con el fin de diseñar, implementar y poner en funcionamiento un sistema de alertas hidro climatológicas tempranas (SATC) ante eventos climáticos de inundación y sequía como medida de adaptación al cambio climático, que vincule la sostenibilidad y ampliación del sistema actual a través del componente de generación y análisis de información meteorológica con la participación comunitaria y la respuesta oportuna de los organismos competentes en la cuencas de los ríos Zulia, Pamplonita, Táchira, Chitagá, Algodonal y Tibú. para el periodo 2018, 2019 y 2020.

5.1.1 GENERALIDADES

En el departamento de Norte de Santander (Colombia) se conjugan condiciones físicas complejas con alta vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres naturales, inducidos en su gran mayoría por eventos climáticos extremos asociados a fenómenos de variabilidad climática. Sin embargo, no se cuenta con un sistema de monitoreo permanente que permita tener información en tiempo real para alertar de manera oportuna a la comunidad sobre la posibilidad de ocurrencia de

un evento que pueda causar daño. (Alzate Velásquez , Ramón Valencia , & Ramón Valencia , 2016)

Imagen 1. Cartografía de cuencas a intervenir



Fuente: Autores

5.2 ETAPAS DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICA

Imagen 2. Etapas del Sistema de Alerta Temprana Climatológica - SATC



Fuente: Autores

El sistema de alerta temprana climatológica se compone de diez etapas, a continuación, cada una de ellas.

5.3 CONOCIMIENTO DEL TERRITORIO

En esta fase se realizan talleres participativos en los diferentes municipios que hacen parte del área de influencia del Proyecto SATC, donde se hace énfasis en el reconocimiento de los diferentes escenarios de riesgo que se presentan en la zona rural y urbana de los diferentes municipios, también se identifican las antecedentes de emergencias presentadas, para determinar si existen fenómenos recurrentes en el territorio. *“Los antecedentes identificados en parte se relacionan con la variabilidad climática extrema, caracterizada como un problema de gran complejidad que afecta a las cuencas del departamento, como se demostró en la ola invernal 2010-2011 bajo fenómeno de La Niña, donde los deslizamientos y las inundaciones generaron grandes pérdidas a nivel regional”.* [Alzate , Rojas , Mosquera , & Ramón , 2015]

Para realizar el análisis de vulnerabilidad, la identificación, caracterización y priorización de escenarios de riesgos se realiza revisión de las cartografías de los municipios (de riesgos, amenaza, vulnerabilidad e hidrológico) donde se identifican las principales amenazas, los municipios donde se han presentado emergencias en años anteriores y las comunidades vulnerables. Adicionalmente se desarrolla una matriz de identificación de escenarios de riesgos, donde se identifica la fecha de la emergencia, lugar, el tipo de riesgo, sus causas y los afectados, esto con el objetivo de reconocer y priorizar los escenarios de riesgo.

Adicionalmente se propone la revisión y actualización de los Planes Territoriales para la Gestión del Riesgo de Desastres en cada uno de los municipios en los que el Proyecto SATC tiene influencia.

5.4 RED DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICA

Basado en la información recolectada en la fase anterior (conocimiento del territorio), se identifican las zonas donde se requiere hacer el monitoreo hidrológico o meteorológico, posteriormente, se realiza visita de campo a las zonas identificadas para desarrollar el respectivo reconocimiento del lugar y determinar los posibles puntos de instalación y el número de estaciones hidrológicas o meteorológicas necesarias. Adicionalmente se identifica la comunidad asentada en zonas vulnerables a ser afectados por la ocurrencia de deslizamientos, avenidas torrenciales, inundación, entre otros fenómenos hidroclimatológicos recurrentes o no.

Una vez caracterizada y diagnosticada la zona de interés, se tienen identificados los posibles puntos de instalación y el número de estaciones automáticas e instrumentos manuales necesarios para realizar el monitoreo. A través de visitas de campo se evalúa cada uno de los puntos mediante una matriz de valoración para descartar los puntos y escoger los más pertinentes para el proyecto SATC. Luego de la valoración y evaluación de cada uno de los puntos identificados, se procede a realizar la instalación de las estaciones meteorológicas e hidrológicas.

Dependiendo de los puntos de instalación, se identifica la necesidad de realizar obras antes de la instalación, la comunidad más cercana se capacita en el uso y mantenimiento básico de las estaciones. A la par se conforma una red de monitoreo comunitario, que sirve para confirmar la información transmitida por los sensores, esto permite al equipo del proyecto SATC y a los habitantes estar informados ante cualquier eventualidad que pueda presentarse en las cuencas y saber qué hacer ante una alerta o posible emergencia. Adicionalmente, el equipo operativo del proyecto SATC realiza visitas periódicas de inspección, diagnóstico y

mantenimiento a cada uno de los sensores que conforman la red hidrometeorológica del SATC.

Finalmente se realizan talleres participativos para ampliar conocimientos de la comunidad sobre los sistemas de alertas tempranas, cambio climático, gestión del riesgo y capacitaciones sobre el manejo e interpretación de datos hidrometeorológicos, uso y mantenimiento de las estaciones para generar apropiación y corresponsabilidad en los habitantes.

5.4.1. TIPOS DE VIGILANCIA

El énfasis en los sistemas de alerta temprana generalmente dirige la atención y el financiamiento a las capacidades y desarrollos en ciencia y tecnología; es imprescindible que desde los SAT se aborden las necesidades reales de las comunidades y las personas en riesgo. (Hall P. , 2007)

Desde el Proyecto SATC se han venido implementando vigilancia de diversos tipos como los que se evidencian en la Figura 7

Figura 7. Tipos de vigilancia



Fuente: Autores

5.4.1.1. VIGILANCIA VISUAL

El elemento meteorológico más significativo en los Sistemas de Alerta Temprana es la precipitación ya que este fenómeno meteorológico puede llegar a ser el desencadenante de deslizamientos, avenidas torrenciales e inundaciones. Para la medición de la pluviosidad se usa el pluviómetro que permite caracterizar la cantidad de lluvia que cae en un período de tiempo determinado (24 horas). El período de tiempo usado por el Proyecto SATC es de 24 horas y la toma y registro del dato se hace a las 7 a.m. hora local colombiana.

Para determinar el nivel de los ríos y tener una estimación del caudal se usan reglas graduadas que se instalan en el borde del cauce de los ríos o las bases de los puentes, árboles, piedras, puertas, etc. Estas reglas se llaman técnicamente "miras limnimétricas", las cuales tienen una escala graduada en centímetros, la altura registrada por el observador se incluye en la ecuación de la curva nivel caudal realizada para el tramo de instalación de la regla para obtener una estimación del flujo volumétrico en un tiempo determinado.

Imagen 3. Vigilancia visual



Fuente: Autores

5.4.1.2. *Vigilancia automática remota*

Se desarrolla la instalación de sensores para el registro continuo de variables meteorológicas e hidrológicas y llevar de manera continua esta información a un servidor para el proceso de información y posteriormente mostrarla en la plataforma.

Los progresos actuales en la técnica de monitoreo y de comunicación permiten contar con diferentes alternativas en cuanto a la frecuencia de toma de datos, medio de transmisión de la información registrada, sistema de almacenamiento remoto, entre otros.

Imagen 4. Vigilancia automática



Fuente: Autores

5.4.1.3. *Vigilancia mixta*

Los servicios de monitoreo hidrometeorológico, necesitan complementarse unos con otros para que la información de alertas llegue a las comunidades que necesitan las alertas y a tiempo. En zonas donde la señal de red de internet no

favorece la transmisión de datos se realiza la instalación de Sistemas de Alerta Temprana Comunitarios y Red de Observadores Voluntarios del Clima, a través del monitoreo con pluviómetros, reglas limnimétricas, entre otros.

5.4.2 RED HIDROLÓGICA

5.4.2.1. REFERENTES TEÓRICOS Y CONCEPTUALES

5.4.2.1.1. Hidrología

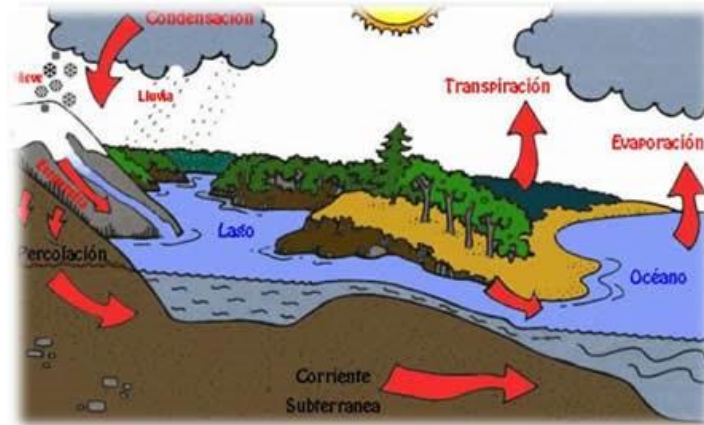
La hidrología es una ciencia de gran relevancia para los seres vivos ya que estudia todo el comportamiento del agua en la superficie terrestre; este comportamiento o circulación del agua se centra en la cuenca hidrográfica como el sistema que lo constituye y depende principalmente de factores climatológicos, topográficos, físicos y antrópicos. Es por esta razón que se hace necesario entender el funcionamiento de la cuenca, que elementos influyen en ella, su estado y su respuesta ante un estímulo.

Analizar el comportamiento del agua en su proceso de precipitación desde su distribución temporal es de gran importancia tanto en los estudios hidrológicos como en contextos sociales, ya que proporcionan información de gran valor para posteriormente realizar distintas obras y para informar a distintas zonas sobre posibles crecientes de un río o una quebrada; para esto es necesario contar con una serie de datos (precipitación) de una estación de la zona, mínimo 20 años para realizar un estudio completo de como varia y como se distribuye (IDEAM, 2014)

5.4.2.1.2. Ciclo Hidrológico

Es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y evaporación. (Ver Figura 8)

Figura 8. Tipos de vigilancia



Fuente. (IDEAM, 2014)

El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento). (Ordoñez G, 2012)

5.4.2.1.3. Modelos Vs Hidrología

La forma matemática o modelo matemático permite tomar decisiones en materia de hidrología, por lo que es necesario tener conocimiento de entradas (inputs) al sistema y salidas (outputs) a partir del sistema, para verificar si el modelo es representativo de la cuenca hidrográfica que se está estudiando.

La salida de los modelos hidrológicos varía - dependiendo del diseño, objetos y metas del modelo. El resultado más común de los modelos que se presenta como salida es el hidrograma o hidrograma de escurrimiento. Un modelo hidrológico, busca representar los diferentes procesos involucrados en la distribución de la lluvia y la generación de caudales en una determinada cuenca (Jorquera, Weber, & Reyna, 2012)

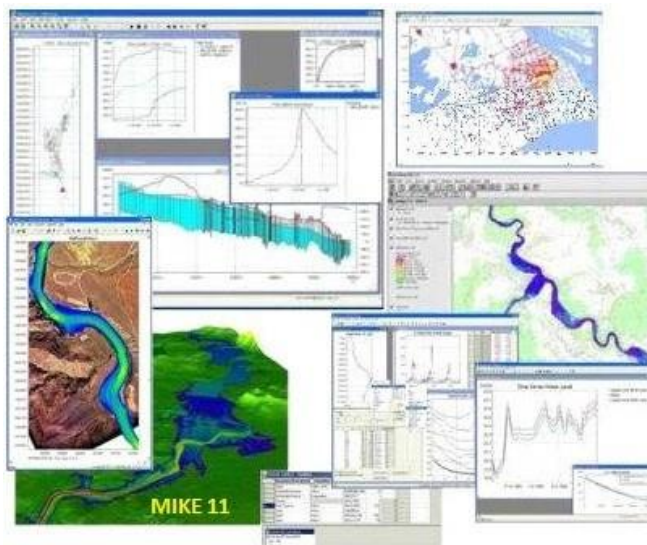
5.4.2.1.4. Modelación Hidrológica

La modelación hidrológica es una herramienta de gran importancia para el estudio de avenidas torrenciales e inundaciones, es posible manejar hipótesis suficientemente realistas o previsibles que ofrezcan un cierto grado de confianza para la toma de decisiones, ya sea en la ordenación del territorio en torno a los ríos o para criterios de diseño de obras e infraestructuras capaces de soportar y funcionar adecuadamente en situaciones de emergencia. Incluso, alertar y establecer protocolos de actuación ante posibles situaciones de peligro por intensas lluvias.

Son varios los modelos hidrológicos que proveen una variedad de opciones para simular procesos de precipitación - escurrimiento y tránsito de caudales. Por otra parte, el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite la integración de los resultados de la modelación hidrológica y las diferentes características físico-geográficas de las cuencas en un sistema de prevención hidrológica que posibilite el pronóstico de inundaciones y la correspondiente toma de decisiones. Los SIG constituyen un instrumento adecuado para responder a cuestiones relacionadas con la distribución espacial y las series temporales de la escorrentía.

Estos sistemas facilitan el tratamiento de la información hidrológica gracias a que incluyen procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelación y presentación de datos georreferenciados. Con ayuda de los SIG la modelación hidrológica acelera su desarrollo y aplicación pudiendo actuar a modo de plataforma para la experimentación rápida de nuevas ideas y conceptos, a la vez que sus resultados pueden ser incorporados al proceso de toma de decisiones y en la ordenación del territorio. (Estrada & Pacheco M, 2012)

Figura 9. Modelos hidrológicos



Fuente. (IDEAM, Hidrología, 2014)

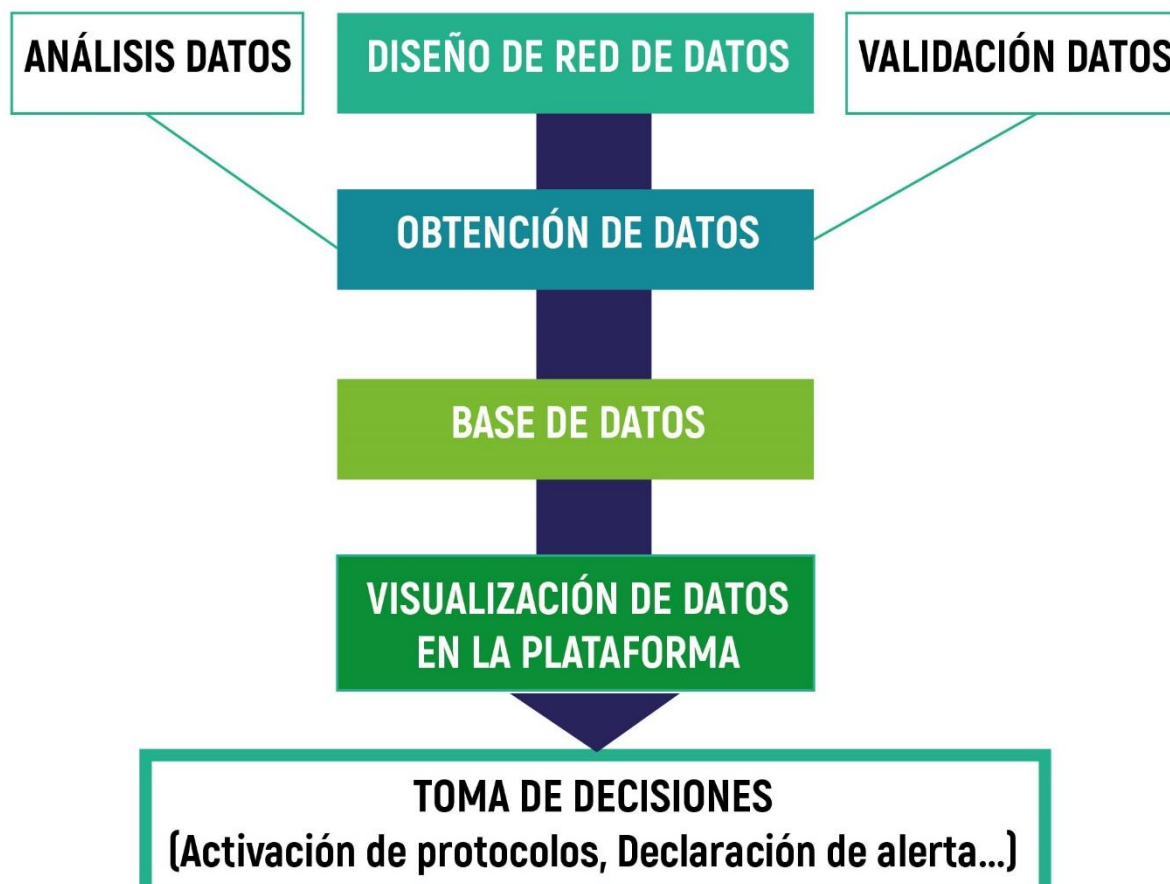
5.4.2.1.5. Modelación hidráulica

La modelación hidráulica se ha desarrollado desde tiempos remotos, evidencia de ello son los estudios de diseños hidráulicos realizados en la antigüedad entre los que se encuentran representaciones de estructuras y máquinas, que en un inicio permitieron que se llegara a enunciar principios fundamentales en la hidráulica; no obstante es en los últimos 50 años que se han llegado a desarrollar métodos con los cuales es posible predecir la conducta de una estructura o prototipo (cuenca hidrográfica).

La modelación hidráulica consiste en llevar a cabo resolución de métodos numéricos ecuaciones de Saint Venant (aguas someras), de Reynolds o de Navier-Stokes e intentar conocer los valores de nivel, velocidad, caudal y régimen de flujo (Guarniz Muñoz, 2014) Teniendo en cuenta que las simulaciones se producen bajo condiciones controladas de laboratorio los modelos hidráulicos tienen múltiples aplicaciones.

Un sistema de información hidrológica combinado con modelos numéricos permite convertirse en una herramienta de apoyo para la toma de decisiones. En la **Figura 10** se describen los elementos de un sistema de información hidrológica.

Figura 10. Componentes de un sistema de información hidrológica.



Fuente: Autores

En el presente documento se especifican los procedimientos utilizados para el establecimiento de la red hidrológica del proyecto SATC.

5.4.3. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE REDES HIDROLÓGICAS

Una red de datos hidrológicos es un conjunto de actividades orientadas a la recopilación, almacenamiento, procesamiento y análisis de datos. “Un diseño de red completo requiere de la definición de variables hidrológicas a monitorear, lugar de observación y frecuencia de observación, entre otros, para ello, es necesario conocer las características hidrológicas del área en que se establecerá la red”. (OMM, 2011)

Para el SATC, es de gran interés el monitoreo de fuentes hídricas que presentan una amenaza para los elementos expuestos. Es por ello que para establecer una red de monitoreo hidrológico se requiere la realización de estudios previos en los cuales se identifiquen las fuentes hídricas caracterizadas como potencial amenaza. Una vez priorizados las fuentes hídricas a monitorear se realizan mesas de trabajo con la comunidad, reconocimiento, caracterización y estudios de la zona objeto de estudio para posteriormente definir la tecnología del sensor (radar o ultrasonido) y los puntos de instalación.

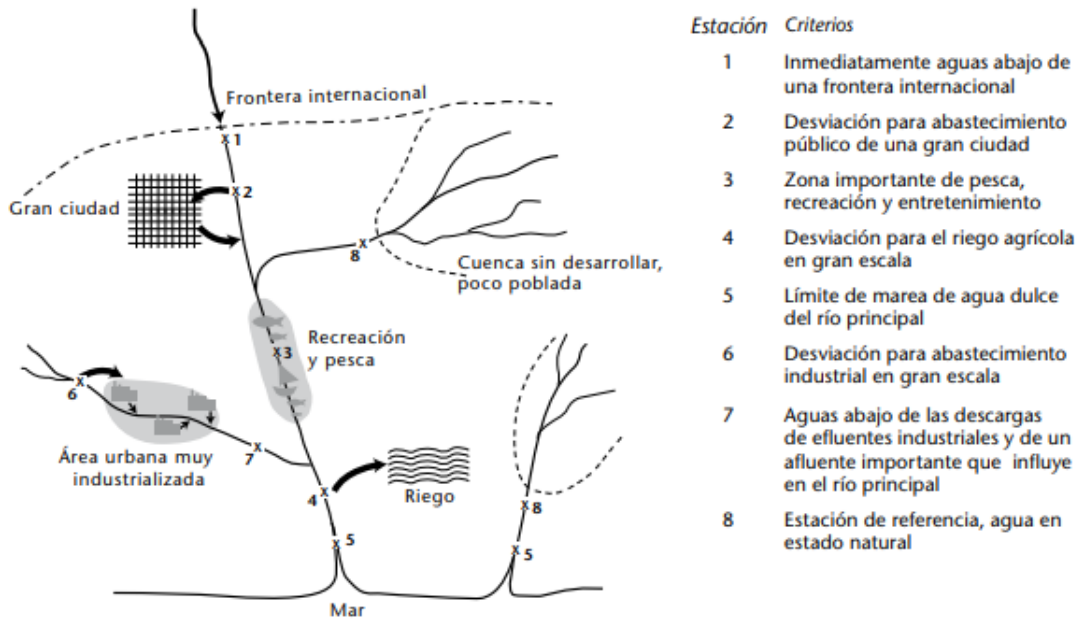
La metodología del diseño de la red de monitoreo hidrológico se presenta en la siguiente figura.

Figura 11. Diseño de la red de monitoreo hidrológico



En la figura 12 se muestran ejemplos de lugares y modalidades de instalación

Figura 12. Ejemplos de lugares y modalidades de instalación



Fuente: OMM, 2011

5.4.4 MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES

Para que la calidad de los datos registrados sea adecuada, es necesaria la realización de actividades de mantenimiento que se indican a continuación. (OMM, 2011). Tales actividades podrán ser efectuadas por el observador encargado de la estación, o el equipo técnico y operativo del proyecto SATC. En la siguiente figura se resumen las actividades necesarias para el mantenimiento de los sensores.

Figura 13. Esquema de mantenimiento de los sensores hidrológicos



Fuente: Autores

5.4.5 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

A continuación, se expone la metodología de transmisión de datos desarrollada para el proyecto SATC

5.4.5.1 Transmisión Automática: Los sensores meteorológicos e hidrológicos automáticos están programados para la transmisión de una observación única e instantánea y/o de observaciones anteriores conservadas en un registro de almacenamiento. Los datos son transmitidos por la estación, registrados en el servidor central de manera continua y reflejados en la plataforma WEB del proyecto SATC, que se puede visualizar en el siguiente link <http://www.satcnortedesantander.gov.co>

5.4.5.2 Enlaces de transmisión: Los sensores implementados en la red de monitoreo hidrometeorológico del proyecto SATC tienen como base fundamental el enlace de transmisión vía internet. Las comunicaciones mediante el protocolo IP en sus diversas modalidades, y en particular mediante redes de telefonía móvil, son eficientes y menos costosas para transferencia continua. Las comunicaciones por Internet pueden transmitirse mediante diferentes medios de comunicación, entre ellas las redes de telefonía móvil y ordinaria. Son, por ello, más fiable

5.4.6 MEDICIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

5.4.6.1 Perfil longitudinal del fondo de un curso de agua

A lo largo del recorrido de un río, con el tiempo, se van modelando los valles, produciendo dos efectos erosivos: el ahondamiento, debido a una erosión lineal en el fondo del cauce (talweg), y en ensanchamiento, debido a la erosión areolar o de la superficie de las vertientes o laderas.

Desde el nacimiento hasta la desembocadura, la pendiente del cauce va disminuyendo, de modo que a grandes rasgos podemos establecer tres tramos en los que se observan claras diferencias entre el ahondamiento y ensanchamiento de los valles:

El perfil longitudinal de un río es la representación gráfica de la línea que traza un curso desde su nacimiento hasta su nivel de base y a lo largo de él se aprecian las diferentes competencias del flujo. Mientras mayor competencia posea el caudal mayor capacidad de erosión y transporte poseerá el escurrimiento. Así a lo largo de un río, se reconoce un curso superior, curso medio y curso inferior.

1. **Curso alto:** predomina la erosión y el transporte. El valle tiene perfil transversal en "V". Encontramos cascadas, gargantas, pilancones y rápidos.

2. **Curso medio:** predomina el transporte y la sedimentación. El valle tiene forma de "artesa", y en él se originan vegas. Encontramos barras, cauces entrelazados y meandros.

3. **Curso bajo:** predomina la sedimentación y el transporte de arcillas en suspensión e iones disueltos, que originan vegas. Los valles son muy abiertos y los cauces rectilíneos o con meandros muy abiertos. En la desembocadura los ríos forman deltas, estuarios y marismas.

Los ríos tienden a adquirir un **perfil longitudinal** (desde la cabecera a la desembocadura) que supone el mínimo gasto de energía. Para ello generan una serie de procesos que tienden a alcanzar las condiciones de flujo más eficientes. Se conoce como **perfil de equilibrio** al perfil longitudinal que adquiere un río cuando sólo se produce el transporte de agua (sin erosión ni sedimentación). Sería una curva hiperbólica de escasa pendiente, tangente a la desembocadura o nivel de base, en la que la energía potencial es nula. El perfil de equilibrio es una situación teórica a la que el río tiende lentamente.

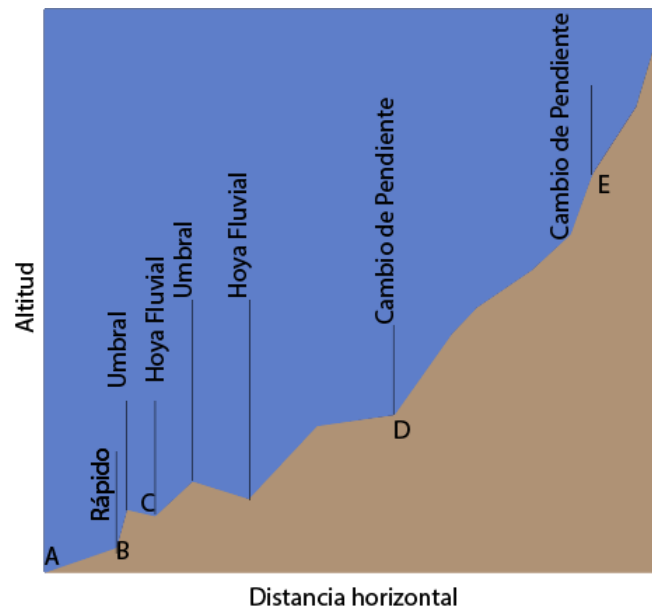
El **nivel de base** (NB) es aquel en el que el río ha perdido toda su energía y se corresponde con la desembocadura en el mar, en un lago, o un embalse. Las modificaciones en el nivel de base suponen alteraciones en el perfil de equilibrio. Si el nivel de base desciende porque se eleva el continente o desciende el nivel del mar, se produce una **erosión remontante** (erosión que progresa gradualmente hacia la cabecera de una cuenca fluvial como consecuencia de una bajada del nivel de base). Por el contrario, si el nivel de base asciende, se produce una sedimentación remontante

En los ríos jóvenes, los perfiles longitudinales inicialmente son muy irregulares con tramos relativamente poco inclinados y otros muy inclinados cuando hay **rápidos** y cascadas, este perfil se va regularizando con el tiempo por suavización de las cascadas. El río tiende hacia un perfil de equilibrio en que el río ni erosiona ni produce depósito, es decir, la energía es justa para transportar la carga de materiales. Esta es una noción teórica puesto que los ríos nunca alcanzan su perfil de equilibrio ya sea porque cambian las condiciones climáticas

o bien porque se producen movimientos de origen tectónico que alteran el curso y por esto, sólo algunos tramos en el curso medio del río pueden aproximarse a esas condiciones ideales de equilibrio.

El perfil longitudinal del fondo es la variación en la elevación de los puntos del thalweg de la corriente en función de su distancia respecto al origen. En un perfil, se aprecian varios rasgos topográficos como, puntos elevados (umbrales), hoyas fluviales y cambios de pendiente, que señalan la frontera entre dos tramos con diferentes controles geológicos. (ver **figura 14**) (OMM, 2011)

Figura 14. Perfil longitudinal del fondo de un curso de agua



Fuente: OMM, 2011

Se conoce como **perfil de equilibrio** al perfil longitudinal que adquiere un río cuando sólo se produce transporte (sin erosión ni sedimentación).

El nivel de base (NB) es aquel en el que el río ha perdido toda su energía y se corresponde con la desembocadura.

Los cambios en el nivel de base dan lugar a modificaciones en el perfil de equilibrio.

Para la obtención de un perfil longitudinal se requiere disponer previamente de lo siguiente:

- El MDT (Modelo Digital del Terreno), que ya fue el punto de partida para trazar cauces y divisorias
- El trazado vectorial de los cauces

Con estos insumos se procede a trabajar con SIG para

- Crear una capa con el cauce cuyo perfil vamos a trazar
- Crear el perfil
- Exportar el perfil para trabajarlo en otras herramientas
- Representación conjunta del río principal y sus afluentes

5.4.6.2 Sección transversal

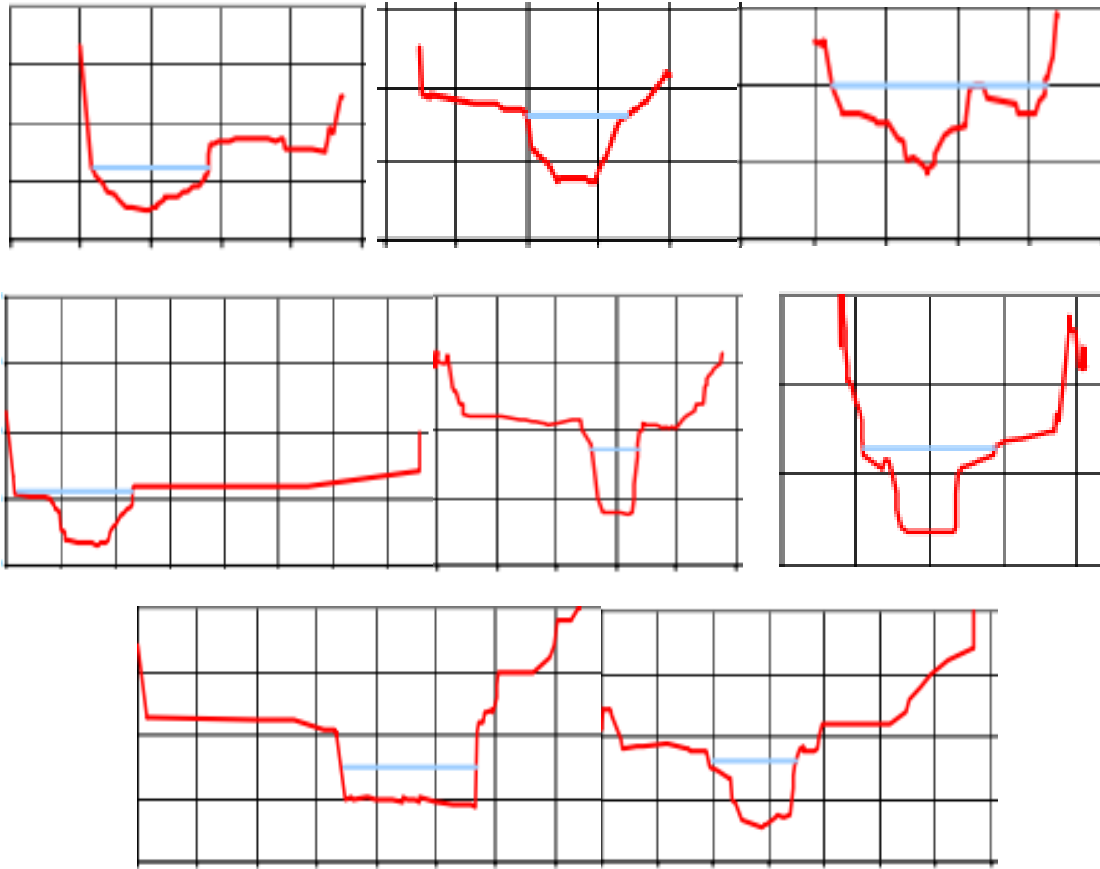
El perfil del valle en sentido perpendicular al eje de un curso se denomina sección transversal. Un conjunto de secciones transversales a lo largo de un cauce aporta información útil para el desarrollo de modelos de flujo fluvial. Las secciones transversales se utilizan en varios tipos de cálculos, y la manera en que se determinen dependerá del objetivo para el cual se deseen utilizar. (OMM, 2011)

Por lo general los cauces en los que realizan aforos los profesionales del Proyecto SATC, para la posterior instalación de sensores son cauces naturales (Quebradas y ríos) que presentan diversas condiciones.

Determinar la sección transversal en un punto específico para un canal natural estudiado permite tener una idea del caudal que pasa en x momento, asociándolo con la lámina de agua presentada en ese momento, a través de Q vs N . Las secciones transversales son líneas de niveles o perfiles cortos que proporcionan la información necesaria para la estimación de los volúmenes.

A continuación, se muestran los perfiles más comunes y que tienen presencia en las fuentes hídricas monitoreadas por el SATC

Figura 15. Perfiles transversales



Fuente: Autores

5.4.6.3 Mediciones volumétricas

Las mediciones volumétricas conciernen principalmente a la definición de almacenamiento de agua, la cantidad de volumen que fluye en un tiempo determinado por el cauce que se tenga en estudio (OMM, 2011)

5.4.7 MEDIDORES DE NIVEL

A continuación, se detalla la clasificación de los medidores de nivel

5.4.7.1 OBSERVACIÓN DIRECTA

La medición directa y puntual de nivel del agua a una hora determinada, se realiza mediante la utilización de instrumentos con diferente conformación física y diferente protocolo de operación.

Los medidores de niveles de agua usados en el establecimiento de la red hidrometeorológica del Proyecto SATC son:

Mira o regla limnimétrica

Imagen 5. Regla limnimétrica o mira



Fuente: Autores

La mira o regla limnimétrica es una regla graduada que se utiliza para medir las fluctuaciones de los niveles del agua en un punto determinado de una corriente o de un cuerpo de agua. La Instalación de miras se realiza de tal manera que vayan fijas en listones de madera, rieles, soportes de acero, estructuras en concreto o talud en roca. (IDEAM, 2007)

Las miras pueden ser construidas en varios materiales:

a) Hierro fundido

- b) Lámina esmaltada
- c) Lámina pintada

La reglas limnimétricas se instalan teniendo en cuenta criterios establecidos por la Organización Meteorológica Mundial y protocolos establecidos por el IDEAM.

5.4.7.2 OBSERVACIÓN AUTOMÁTICA

Sensores ultrasónicos

Imagen 6. Sensor ultrasónico



El medidor de nivel ultrasónico mono-bloque con GSM integrado con comunicaciones celulares GSM. GaugerGSM y la interfaz USB. es una solución unificada y de bajo costo para aplicaciones de monitoreo hidrológico a control remoto. [Technologies, 2019]

Es un medidor de nivel ultrasónico mono-bloque con GSM integrado módem celular (GaugerGSM solamente) y la interfaz USB. Los elementos opcionales incluyen pantalla, sensor de temperatura externa

Fuente. SYZ, 2019.

Funcionamiento.

Medidor ultrasónico integrado con comunicaciones celulares GSM. GaugerGSM es una solución unificada y de bajo costo para aplicaciones de monitoreo a control remoto. GaugerGSM se suministra con el software para PC de monitoreo central.

El GaugerGSM contiene un sensor llano ultrasónico que proporcione una gama para los líquidos hasta los 8m [26'] y los 9.5m opcionales [31']. Se adapta a condiciones climáticas difíciles, incluyendo lluvia y exposición directa al sol. Se adapta a cualquier sitio donde la cobertura GSM esté disponible. De tipo industrial: resistente sensor de PVDF, -30°C a +70°C, IP68. Hardware de avanzada: Interfaz de PC USB, pantalla gráfica. La batería opcional de alimentación. Puede ser funcionado por el panel solar o un paquete externo de la batería y puede ser ordenado con o sin una exhibición. Los ecos falsos son extraídos por los algoritmos encajados que también se ocupan de las blancos turbulentas y compensan temperatura.

GaugerGSM se constituye como una herramienta clave para monitoreo a distancia de la capacidad de un depósito de agua y las corrientes de un río en áreas propensas a la inundación: Alerta cuando se acerca a vacío o cuando se acerca a lleno. Informes periódicos cada intervalo según la aplicación.

Sensor tipo radar

Imagen 7. Sensor tipo radar



Fuente. OTT, 2019.

El sensor OTT RLS utiliza la tecnología de radar por impulsos para medir el nivel del agua sin contacto físico directo. Se instala de forma sencilla directamente por encima de la lámina de agua que se va a medir. Idóneo para zonas muy apartadas o de difícil acceso. (HYDROMET, 2019)

5.4.8 OBJETIVO DE LAS ESTACIONES HIDROLÓGICAS

El objetivo de las estaciones hidrológicas es suministrar datos continuos de nivel y caudal del cauce que se esté monitoreando. Los caudales se determinan a través de la relación nivel y caudal, definidas mediante mediciones periódicas de los caudales y un registro sistemático de los niveles (aforos).

Para la instalación de sensores hidrológicos automáticos es necesario realizar estudios previos en el sitio donde se desea instalar, con la finalidad de establecer el flujo y la relación nivel-caudal, generando una ecuación de calibración para cada sensor dependiendo el lugar de instalación y características propias del flujo, dichas mediciones se conocen como aforo, a continuación, se explica su procedimiento.

5.4.8.1. AFOROS

Los aforos son procesos mediante los cuales se determina el volumen del agua que circula por una sección en una unidad de tiempo.

Los aforos deben cumplir con características específicas de acuerdo al tipo de corriente y del objetivo para el cual se realice. En este caso en particular, es decir para el proyecto SATC y según las características propias de los ríos, los aforos más comunes se mencionan a continuación teniendo en cuenta el equipo y personal requerido en cada tipo de aforo de acuerdo al equipo utilizado.

5.4.8.1.1. Aforos líquidos

Los aforos líquidos son procesos mediante los cuales se determina el volumen de líquido que circula por una sección en una unidad de tiempo.

5.4.8.1.2. Aforos sólidos

Muestreo de sedimentos en suspensión, integrando la muestra de agua en la vertical, es decir, desde la lámina hacia al fondo de la sección transversal (de

forma manual por el operador), para lograr un muestreo significativo que pueda representar la concentración de sedimentos en el cuerpo de agua de interés.

5.4.9. METODOLOGÍA DE AFORO

5.4.9.1 AFORO CON MEDIDOR DE FLUJO MAGNÉTICO

- Cinta métrica
- Varilla metálica
- Medidor de flujo magnético OTT MF PRO
- PC
- Cable de conectividad
- Cartera de aforos
- Personal Requerido: Dos personas (profesional y técnico operativo)

5.4.9.2 SELECCIÓN DEL SITIO DE AFORO

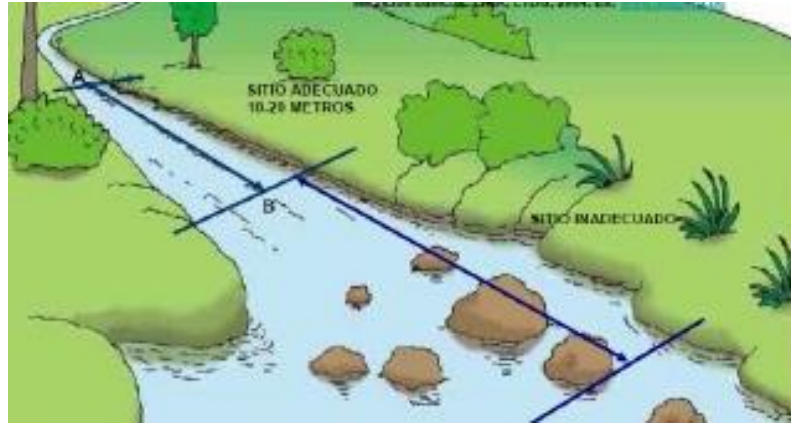
La selección de los ríos en los cuales se requiere el desarrollo de mediciones está determinado por el diseño de la red de monitoreo hidrometeorológico del Proyecto SATC, antecedentes de eventualidades (Avenidas torrenciales e inundaciones) y el uso que se dará a los datos.

La selección del sitio para la instalación del sensor hidrológico se basa en los siguientes criterios:

1. El curso del río donde se realice el aforo y se desee instalar el sensor hidrológico debe ser recto unos 100 metros aguas arriba y aguas abajo.

2. La corriente total del cauce debe distribuirse en un solo cauce, no deben existir corrientes subterráneas.
3. No debe existir socavaciones en zonas adyacentes al sitio de medición de aforo, así mismo debe estar libre de plantas acuáticas, arbustos en las orillas ni la presencia de obstáculos que dificulten la medición.
4. Las orillas deben ser lo suficientemente altas para contener las crecidas.
5. Debe haber puntos de control naturales inalterables: en caso de no existir se debe prever la instalación de un control artificial.
6. El sitio de aforo debe estar lo suficientemente aguas arriba de la confluencia con otro río.
7. Se debe disponer de una longitud de tramo suficiente para medir el caudal a todos los niveles.
8. La accesibilidad al sitio facilita la instalación, mantenimiento y funcionamiento de la estación.
9. El sitio debe disponer de instalaciones de telemetría o transmisión por satélite, si se requieren. (IDEAM, S,f)

Imagen 8. Selección del sitio de aforo



Fuente. CORANTIOQUIA, 2014

5.4.9.3 Medición de la sección transversal

La exactitud de una medición de caudal depende del porcentaje de error (%Error) que pueda tener el equipo o instrumento usado para el aforo y del número de verticales en que se obtenga datos referentes a profundidad y velocidad. Las verticales de observación deben describir la variación de elevación del lecho del río y la variación horizontal de velocidad.

De acuerdo a la OMM, el intervalo entre dos verticales cualesquiera no será superior a $1/20$ de la anchura total, y el caudal de cada segmento no será superior al 10 por ciento del caudal total. La anchura del cauce y la distancia entre verticales se obtendrán midiendo a partir de un punto de referencia fijo (por lo general, un punto inicial situado en la orilla), que estará situado en el mismo plano que la sección transversal. (OMM, 2011)

La distancia entre verticales se determina mediante cinta graduada extendida a lo ancho de la corriente. La profundidad puede ser leída directamente por el medidor de flujo magnético y ser corroborada por el personal de aforo del proyecto SATC.

5.4.9.4 Medición del ancho

En el tramo seleccionado, ubicar la sección o el ancho del río que presente **las condiciones promedio** y en la que se facilite la medición del área transversal. Un método práctico, con aceptable aproximación para calcular el área transversal, es tomar la altura promedio.

Normalmente, la posición horizontal de los puntos de observación se determina con la utilización de una cinta métrica (imagen 6) que se extiende de margen izquierda a margen derecha o viceversa a través del cauce.

Imagen 9. Medición del ancho



Fuente: Autores

5.4.9.5 Selección del número de verticales

Para eso en un inicio se debe realizar la medición del ancho del río y luego hacer subdivisiones. Esto consiste en dividir el ancho del río, en partes iguales y medir la profundidad encada punto para luego calcular el promedio.

Imagen 10. Selección de número de verticales



Fuente: Autores

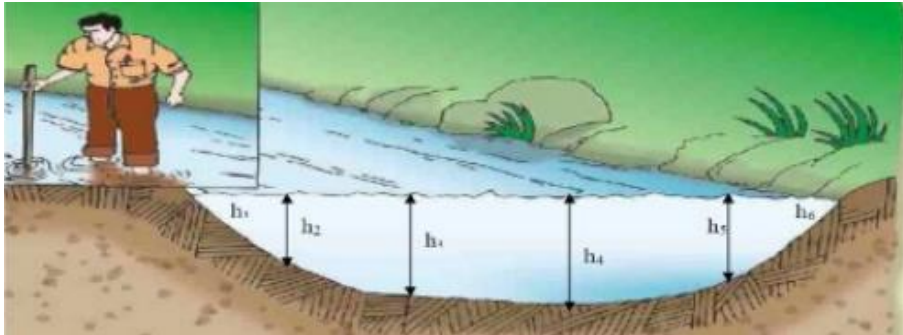
La precisión de las mediciones del caudal depende del número de verticales en que se hagan mediciones de profundidad y velocidad, como lo contempla el IDEAM, la correcta elección del número de verticales ayuda a representar mejor la variación en elevación del lecho de la corriente y la variación horizontal de la velocidad.

5.4.9.6 Medición de la profundidad (Batimetría)

Teniendo en cuenta las subdivisiones hechas anteriormente, en cada división se realiza la batimetría que corresponde a la medición de la altura para luego realiza

el cálculo de la altura promedio, procedimiento que se hace para los tramos demarcados.

Imagen 11. Medición de la profundidad.



Fuente. CORANTIOQUIA, 2014

La medición de profundidades se realiza desde la superficie hacia el fondo; dicha medición se puede realizar con una varilla graduada.

Imagen 12. Medidor de Flujo Magnético



Fuente: OTT, 2019

El proyecto SATC realiza las mediciones a través de un medidor de flujo basado en la tecnología magnética, el equipo se hace descender hasta que la sonda de medición quede a ras con la superficie del agua, una vez la sonda toque el agua,

se pueden observar los datos de profundidad registrados en el contador (Imagen 9).

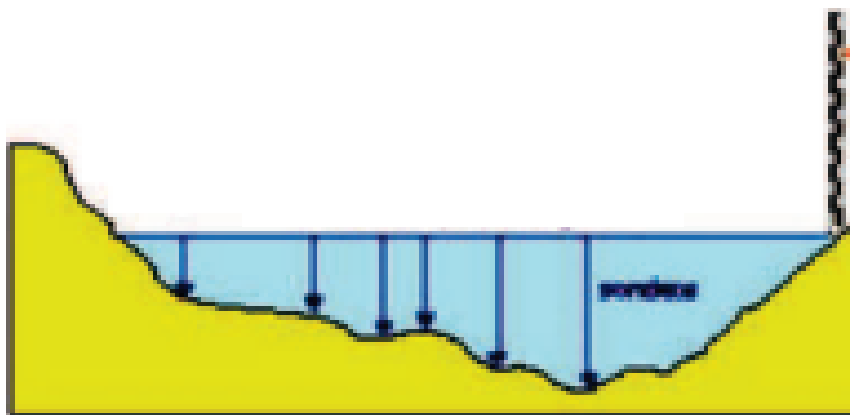
Imagen 13. Medición de profundidad



Fuente: Autores

A continuación se muestra ejemplo del perfil obtenido con la medición de profundidades.

Imagen 14. Esquema de representación de la toma de profundidades

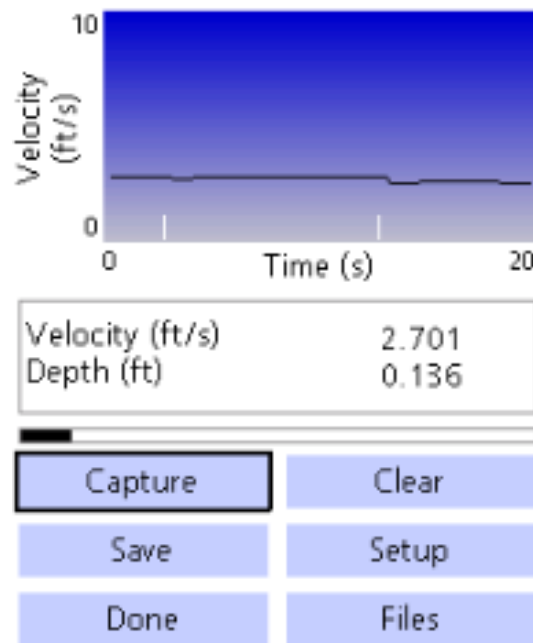


Fuente. CORANTIOQUIA, 2014

5.4.9.7 Medición de la velocidad

El proyecto SATC implementa el uso del medidor de flujo magnético (Imagen 10) que puede medir la velocidad en una vertical tomada desde 1 punto hasta 8 puntos.

Imagen 15. Medición de velocidad



Fuente: Autores

El OTT MF pro es un medidor de corriente magnético-inductivo para la medición fiable de caudales en cauces abiertos. Es importante mencionar que la medición del caudal de las fuentes realizada con un equipo OTT MF Pro garantiza la exactitud y validez de sus resultados. Es un medidor de caudal magnético-inductivo de fácil manejo y mantenimiento especialmente reducido.

El cálculo automático del caudal reduce notablemente el tiempo de permanencia

en campo. El cabezal sensorial electromagnético está prácticamente exento de mantenimiento y es ideal para el uso tanto con velocidades de caudal reducidas, como con altas concentraciones de materia en suspensión.

Calcula la descarga automáticamente según los métodos USGS e ISO

* Velocidad graficada en tiempo real.

* La cabeza del sensor electromagnético no tiene partes móviles y nunca requiere calibración

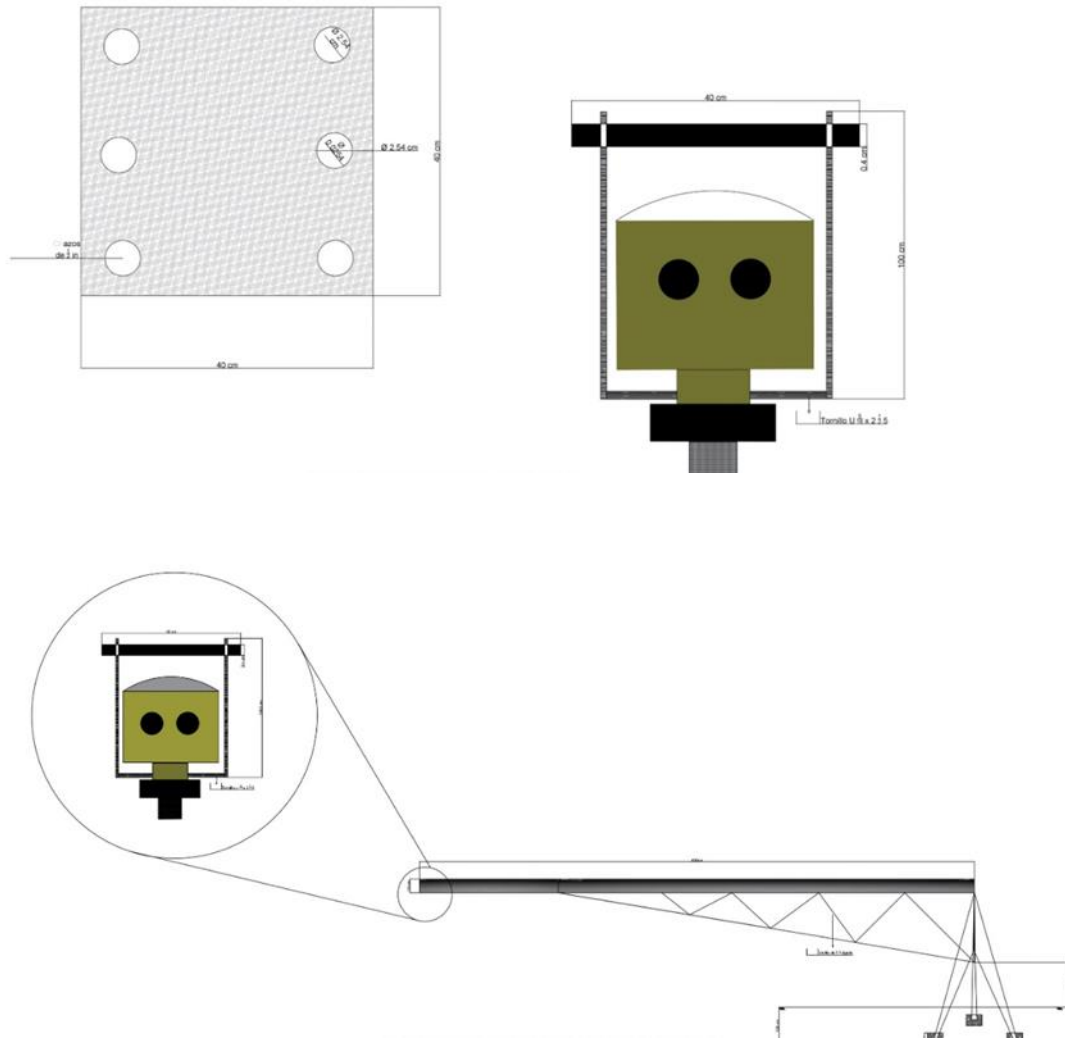
5.4.10 REQUERIMIENTOS DE OBRAS CIVILES PARA ESTACIONES HIDROLÓGICAS

Teniendo en cuenta las condiciones propias del terreno en el cual se desea instalar el sensor hidrológico, se evalúa la necesidad de obras civiles adicionales, soportes, encerramiento, entre otros.

5.4.10.1 *Soportes - Estructura*

A continuación, se muestran los soportes diseñados para el sostenimiento del sensor hidrológico. (Este soporte puede variar de acuerdo a las condiciones del terreno).

Figura 16. Soporte Sensor Hidrológico



Fuente: Autores

Para la instalación del sensor de nivel se construye una estructura, como se indica en los planos mostrados en la figura 22, así mismo la estructura se diseña con el objetivo de mantener la conexión entre el gabinete y el sensor a fin de garantizar la transmisión de datos continuamente.

5.4.10.2 Encerramiento

Con el fin de garantizar la seguridad de las estructuras que componen la estación hidrológica se diseña e instala un encerramiento.

Imagen 16. Encerramiento estación hidrológica



Fuente: Autores

5.4.10.3 Valla Informativa

Las estaciones hidrológicas de la red de monitoreo del Proyecto SATC cuentan con una valla informativa de identificación, la valla es elaborada en lámina metálica y artes elaboradas, que incluye la información general acerca de la estación y el logo del proyecto.

Imagen 17: Valla informativa



Fuente: Autores

5.4.11 SEGUIMIENTO

5.4.11.1 *Visitas*

Las visitas al sitio de ubicación de la estaciones estas enfocadas en la observación o la recolección de información (en caso de existencia de fallas en la transmisión de datos) y mantenimiento del sitio.

Teniendo en cuenta esto, para la red instalada en el departamento Norte de Santander, las visitas deben realizarse máximo cada 3 meses, para un total de 4 visitas al año para el desarrollo de mantenimiento y una visita mensual para desarrollo de aforos y ajuste de ecuación nivel caudal.

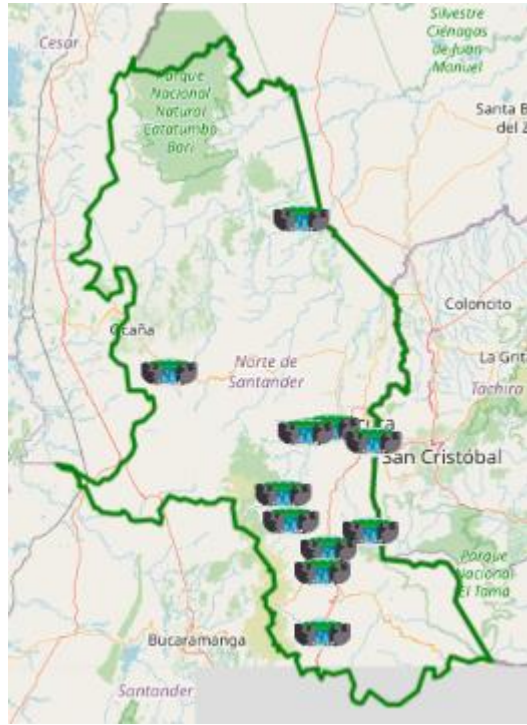
5.4.11.2 *Información de Puntos de Instalación*

Los puntos de instalación elegidos para las estaciones hidrológicas se documentan en bases de datos del Proyecto SATC teniendo en cuenta

- Planos topográficos del tramo de corriente seleccionado y de su respectivo entorno.
- Georreferenciación del punto de instalación con coordenadas X,Y,Z" dentro del Sistema Geodésico Nacional.
- Aforo del tramo seleccionado y perfiles (nivelados con alta precisión) de sus secciones características.

En la siguiente imagen se visualizan algunos sitios de instalación de estaciones hidrológicas en el departamento

Imagen 18. Estaciones Hidrológicas proyectadas



Fuente: Autores

5.4.12 ESTABLECIMIENTO DE LA RED METEOROLÓGICA

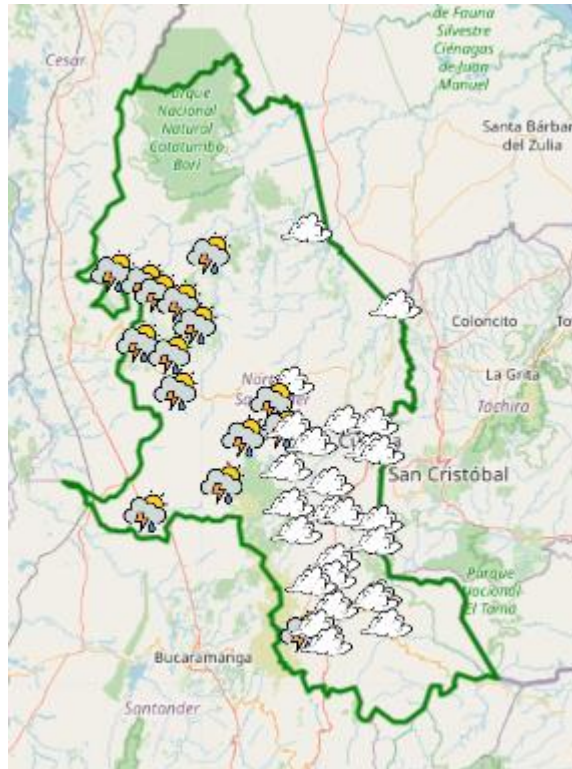
El proyecto SATC desde el 2013, orienta sus esfuerzos en el fortalecimiento de la red, consolidando un sistema de observación y medición. A través de la red de monitoreo el Proyecto SATC se permite obtener, almacenar, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrometeorología del departamento Norte de Santander.

El Proyecto SATC por ser la fuente de información científica en el departamento Norte de Santander, tiene un papel fundamental en el fortalecimiento y modernización de los sistemas de observación, a fin de garantizar la generación de registros confiables de las variables hidrometeorológicas mediante un mejoramiento continuo de las redes de observación, siendo estas el punto de partida para los servicios de pronósticos, avisos y alertas de índole hidrometeorológico. (RAMÓN VALENCIA, 2018)

La necesidad creciente de información hidrometeorológica ante la ocurrencia cada vez más frecuente de eventos hidrometeorológicos extremos, y para la incorporación de estas en la planificación de actividades para un mejor conocimiento de las condiciones de tiempo y clima, el SATC se dio en la tarea de modernizar y ampliar paulatinamente su infraestructura tecnológica como soporte a la obtención de mejores registros de información que sirvieran de insumo básico y fundamental para los productos y trabajos de investigación que la entidad genera continuamente de acuerdo a su competencia; documentos que se constituyen en referentes para los tomadores de decisión. (UNIPAMPLONA, 2019)

Actualmente el proyecto SATC tiene estaciones meteorológicas instaladas en 6 cuencas de estudio (Cuenca del río Zulia, Pamplonita, Chitagá, Táchira, Algodonal y Tibú). **Ver Imagen 19.**

Imagen 19. Estaciones meteorológicas Proyecto SATC



Fuente: Autores

Las tecnologías utilizadas son las siguientes

- Estación meteorológica MA 3081 [2013]

La estación meteorológica MA 3081 tiene características específicas que permiten obtener datos meteorológicos, permite la obtención de estos mediante el uso de diversos sensores, además cuenta con la visualización en tiempo real de datos e históricos puesto que tiene la opción de comunicarse con un computador personal para almacenar y tratar los datos y es de fácil instalación. Esta estación se conforma de tres componentes principales la Unidad Externa, Unidad Interna de Datos y una Fuente de Alimentación.

Imagen 20. Estación meteorológica MA3081



Fuente: Autores

4.6.2.1 Especificaciones de la unidad externa.

Tabla 2. Especificaciones unidad externa MA 3081.

Sensores externos	Unidad de medida
Distancia de transmisión en campo	100 metros
Frecuencia	868 MHz
Rango y resolución de Temperatura	$[-40^{\circ}\text{C a } +65^{\circ}\text{C}] [0.1^{\circ}\text{C}]$
Calidad de medición de humedad	10% - 90%
Calidad del pluviómetro	0 - 9999 mm
Resolución	0.1 mm (si volumen < 1000mm) <ul style="list-style-type: none"> • 1.0 mm (si volumen > 1000 mm)
Rango de velocidad del viento	0 - 240 Km/h (0 - 100 mph)

Intervalo de medida de los sensores externos de temperatura y humedad	48 segundos
Protección contra agua	IPX3

Fuente: Autores

- Davis Vantage Pro 2

Este equipo meteorológico es uno de la gama y variedad de estaciones que ofrece Davis Vantage Pro2, este es un dispositivo multifuncional que permite monitorear las condiciones atmosféricas en tiempo real, puesto que está compuesta por diversos sensores que computan variables meteorológicas y estos son enviados por medio de un canal de baja frecuencia a una pantalla digital que permite la visualización de dichas variables logrando que los datos obtenidos sean enviados a la plataforma web SATC; para esto último, se adoptó un dispositivo de conectividad que permite la conexión vía Ethernet por medio de redes de área local la conexión con el servidor y permite su constante monitoreo para la generación de alertas en una comunidad frente a una eventualidad inesperada. Así mismo, estos equipos son de fácil instalación, compactos y que garantizan la funcionalidad de sus sensores puesto que no requieren calibración siempre y cuando se realicen las adecuadas actividades de mantenimiento correspondientes a cada uno de los sensores.

Imagen 21: Estación Meteorológica Davis Vantage Pro 2



Fuente: Autores

4.6.1.1 Tipos de sensores Davis y características

En la tabla 5, se puede observar los diversos sensores con los que cuenta la estación meteorológica adquirida y que monitoreara las condiciones atmosféricas en tiempo.

Tabla 3. Especificaciones de la unidad externa Davis V. Pro2.

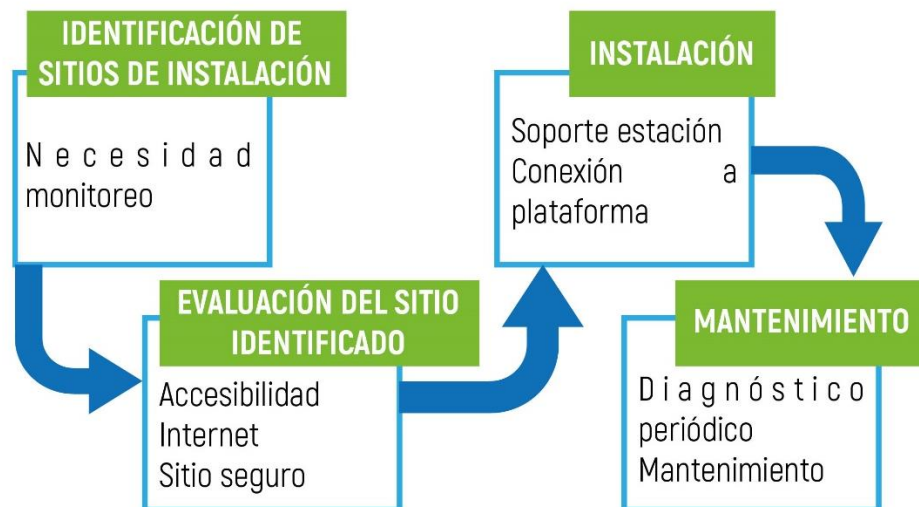
Sensores externos Davis V. Pro2.	Unidad de medida
Distancia de transmisión en campo	(300 m) – (1000 ft)
Canal de baja frecuencia	Onda corta MHz
Rango y resolución de Temperatura	(-40°C a +65°C) – [0.1°C (0.2 °F)]
Rango de medición de la humedad relativa	0% a 100%
Rango y resolución del pluviómetro	(0 a 9999 mm) – (0.2 mm a 0.1")

Rango de dirección	Ocho puntos cardinales
Rango de velocidad del viento	• 0 a 240 Km/h [0 a150 mph]
Rango de Rayos UV	[0 a 12] – "adimensional"
Radiación solar	[0 a 1400 W/m ²]
Intervalo de actualización de los sensores	2,5 s.
Material de protección	Plástico ABS

Fuente: Autores

Para el establecimiento de la red meteorológica se hace necesario el desarrollo de una serie de pasos que se muestran a continuación:

Figura 17: Proceso Red Meteorológica



Fuente: Autores

5.5 SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA COMUNITARIO

Los resultados revelan que los recientes llamamientos para desarrollar SAT participativos y centrados en las personas, promovidos por el Marco de Acción de Hyogo 2005-2015, no se han traducido suficientemente en acciones en la implementación de políticas y estrategias nacionales de alerta temprana. [FRANK THOMALLA & RASMUS KLOCKER LARSEN, 2010]

Ante la imposibilidad técnica y financiera de instalar sistemas de monitoreo automático en todo el territorio departamental surgen los SAT comunitarios como medida alternativa que busca la protección de las comunidades aisladas en caso de riesgo. "Para ser efectivos, los sistemas de alerta temprana deben tener un fuerte enfoque en las personas expuestas al riesgo, incorporando todos los factores relevantes en ese riesgo" [Basher , 2006]

Los SAT, son un apoyo para salvar la vida, pero no es la solución definitiva a la situación de riesgo; por lo cual es necesario implementar medidas de prevención y mitigación, según corresponda por las entidades y autoridades territoriales competentes.

Figura 18: Ruta general de planificación e implementación del SAT comunitario



Fuente: Autores

5.5.1 CONOCIMIENTO DEL RIESGO

Figura 19: Procesos relacionados con el conocimiento del riesgo



Fuente: Autores

- Fenómeno, características y recurrencia

En este caso se identifica el tipo de fenómeno a alertar. Así mismo se precisa las características, intensidad, duración, frecuencia, recurrencia, efectos asociados, y tipo de daño posible, esto permite identificar qué acciones se deben adelantar. Son importantes los antecedentes, la frecuencia y recurrencia de los fenómenos, ya que permiten incrementar la alerta ante ciertas situaciones como el incremento de lluvias durante cierto periodo de tiempo, los tiempos secos, las temporadas anuales de lluvias, entre otros. Se identifican los registros históricos de los fenómenos identificados. Así mismo se evalúa la necesidad de instalación de instrumentos para el monitoreo continuo.

- Cobertura (rural, urbana, zonas que se esperan se vean afectadas)

En un mapa se identifica la zona de posible afectación por el fenómeno identificado. El SATC desarrolla una articulación con esta población y territorio, de manera que sea efectivo su funcionamiento y coordinación. Adicionalmente es necesario tener conocimiento del contexto cultural, religioso, político y socioeconómico, de la población, estos son importantes para identificar los elementos expuestos a la amenaza identificada.

- Escenario crítico

De acuerdo con el conocimiento del riesgo, se identifica el peor escenario que podría presentarse en una situación de emergencia, con el fin de generar la hoja de ruta, protocolos de activación de alerta del Proyecto SATC y el diseño de los protocolos de respuesta a emergencias. Este peor escenario contempla la zona de posible afectación, el tiempo de actuación y los efectos esperados.

5.5.2 MONITOREO Y VIGILANCIA

Dependiendo el fenómeno para el cual se instale el SAT, es importante hacer la identificación comunitaria y técnica científica de señales antecesoras a la emergencia. Por esto es importante hacer los acercamientos para la socialización del sistema que se desea implementar, de manera que pueda conocer acerca del monitoreo que se adelanta, los antecedentes de eventos existentes, detalles del monitoreo en tiempos, cobertura, precisión, así como las necesidades de mejora y la articulación comunitaria. (UNGRD, 2016)

Figura 20: Pluviómetro municipio de Mutiscua

Se diseñó una estrategia de articulación con los Comités de Educación Ambiental Municipales, para llegar a las poblaciones rurales y a diferentes grupos de edades, desde el fortalecimiento de capacidades en el conocimiento y monitoreo del clima, con fines preventivos, agropecuarios y productivos, desde las escuelas rurales y familias.



Fuente: Autores

Este proceso de participación exige un papel importante a la educación ambiental dado que debe ser permanente, integral, continuo, para que asuman autónoma y responsable el papel que les compete en el desarrollo sostenible. Para esto se comprometen a tener en cuenta: la sensibilización (reconocimiento de las situaciones, riesgos que puedan construir amenaza), motivación (actuar responsablemente), información (sumistro de datos y aspectos validos) y educación (estrategia de participación comunitaria), para que a partir de estos tres pilares se concerte y se definan estrategias en pro del desarrollo del ambiente.

5.5.3 ACCIONES DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

El SAT es una medida de preparación para la respuesta, aporta al propósito de salvar vidas, sin embargo no soluciona del todo la condición de riesgo de la comunidad, para esto se deben identificar las acciones de prevención y mitigación

necesarias que conlleven a la identificación e implementación de medidas y estrategias estructurales o no estructurales.

5.5.4 NECESIDADES DE FORTALECIMIENTO (INSTITUCIONALES Y COMUNITARIAS)

La planificación del SAT requiere la incorporación del fortalecimiento mediante capacitación y equipamiento de las comunidades cuando son primeros respondientes y las entidades de socorro por su importante rol en el proceso de atención a emergencias, evacuación y desarrollo de acciones de rescate. En este sentido, es importante la identificación y gestión de recursos para este componente por parte de entidades y autoridades territoriales, de manera que permita una funcionalidad completa del SAT.

5.5.5 DIFUSIÓN Y COMUNICACIÓN

Mecanismo por el cual se realiza la activación del SAT, este podría ser teléfono, radio, megáfono, etc., debe funcionar de manera permanente.

Debe identificarse

- Medio más apropiado
- Mensaje
- Participantes
- Persona autorizada para activar
- Situación en que se debe activar

5.5.6 ARTICULACIÓN DE UN SAT COMUNITARIO CON LAS ESTRATEGIAS Y PLANES DE RESPUESTA MUNICIPALES

Los SAT comunitarios, deben articularse con las estrategias de respuesta, de manera que fluya la información de las entidades del CMGRD/CDGRD y las comunidades, para coordinar las acciones de alerta, alarma, evacuación y puesta en funcionamiento de los servicios de respuesta y funciones de soporte, según sea el caso. Por esto es importante socializar los componentes y funcionamiento del SAT, de manera que se articulen en el marco de la estrategia de respuesta del municipio, lográndose el apoyo de las entidades técnicas y operativas en los procesos comunitarios necesarios para la implementación y funcionamiento del SAT. (UNGRD, 2013)

Figura 21: Niveles de los sistemas de alerta temprana



Fuente: Autores

5.5.7 SISTEMA DE ALERTAMIENTO ACÚSTICO COMUNITARIO

En el departamento de Norte de Santander se conjugan condiciones físicas complejas con alta vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres naturales,

inducidos en su gran mayoría por eventos climáticos extremos asociados a fenómenos de variabilidad climática como el Niño y la Niña. Sin embargo, los escenarios de riesgo que más afectan al departamento son deslizamientos de tierra, inundaciones, avenidas torrenciales y sismos. Según lo anterior, es necesario implementar en los municipios que presentan mayor vulnerabilidad, un sistema de sirena como herramienta para alertar a la población ante los diferentes escenarios de riesgo que se puedan presentar.

5.5.7.1 Sistema De Sirena Gibon

Los equipos tienen una construcción robusta para tolerar condiciones climáticas adversas y temperaturas ambientales extremas para funcionar en cualquier emergencia, tenemos instalaciones en cercanías a volcanes, en fábricas con temperaturas cercanas a los 50°C y también en sitios helados con temperaturas bajo cero. El sistema cuenta con baterías de respaldo, que le dan autonomía en caso de necesitarse en un apagón. La presente oferta incluye los módulos que permiten a la sirena activarse localmente mediante la acción de contactos secos o mediante celular.

La sirena electrónica Gibon es una sirena de alto rendimiento con el precio optimizado, que garantiza una distribución sonora de alta calidad de una zona en riesgo. Está diseñada para utilizar sobre todo como un recurso autónomo de alerta con el control local, o eventualmente como parte de sistemas de alerta simple con varias sirenas.

La sirena electrónica Gibon permite crear construcciones con una potencia de 300 hasta 1200W, y son adecuados para la mayoría de sistemas de alerta. En casos excepcionales, cuando la sirena se utiliza en un ambiente muy ruidoso, se puede suministrar la sirena Gibon con una potencia mayor de 2400W.

La sirena electrónica Gibon de alto rendimiento se puede controlar por diferentes modos desde simples botones, cada para una alarma por separado, mediante los módulos de control locales, desde un lugar de trabajo operativo alejado mediante

los canales de comunicación hasta un sofisticado panel de control operativo con muchas funciones superiores al estándar.

El sistema de sirena tiene por objetivos:

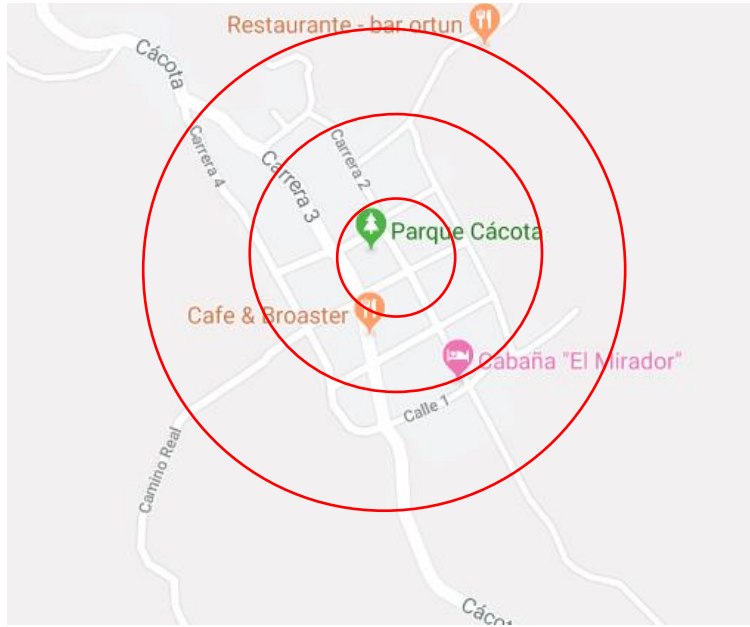
1. Reproducir mensajes de alertamiento que pueden ser escuchados en el municipio por distintas emergencias.
2. Tener gran durabilidad gracias a los sistemas tipo intemperie de construcción robusta para trabajar bajo las peores condiciones climáticas.
3. Tener la capacidad de ser probados periódicamente sin causar pánico.
4. Tener la capacidad de ser activados localmente mediante una botonera local.
5. Tener la capacidad de ser activados remotamente vía celular sin plan de datos o internet mediante mensaje de texto o llamada de voz.

Imagen 22: Sistema de alertamiento acústico Cúcota



Fuente: Autores

Figura 22: Localización sistema de sirena

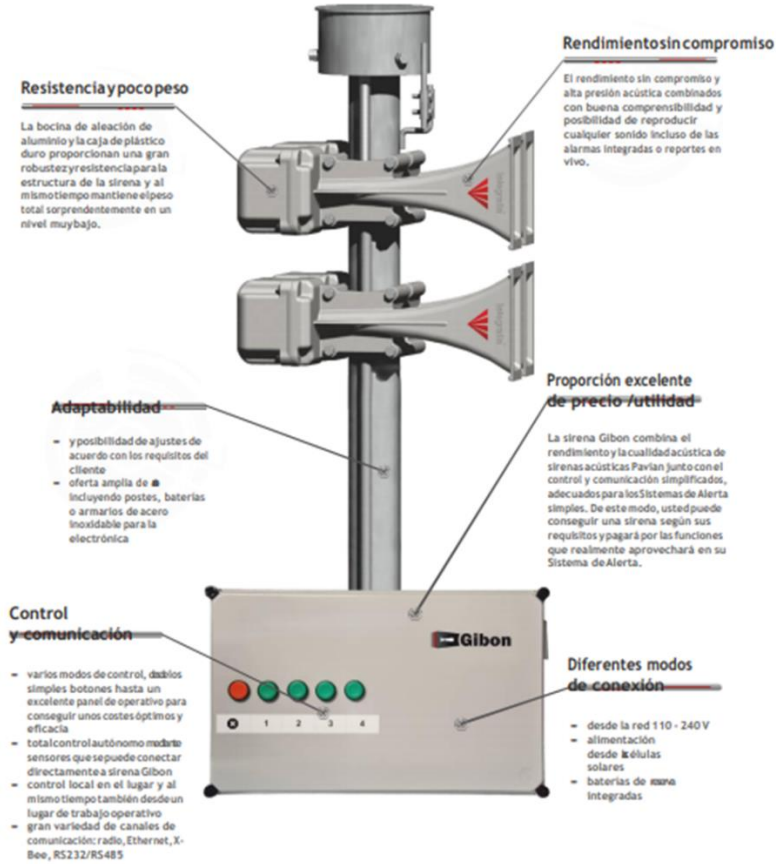


Fuente: Autores

Figura 23: Sistema de sirena



La sirena electrónica eficiente diseñada para usar en forma de medio autónomo o en redes pequeñas



Fuente: Telegrafía, S.F.

5.5.8 PROTOCOLO ACTIVACIÓN DE ALERTAS – SISTEMA DE SIRENA

Figura 24: Protocolo de activación de alertas



Fuente: Autores

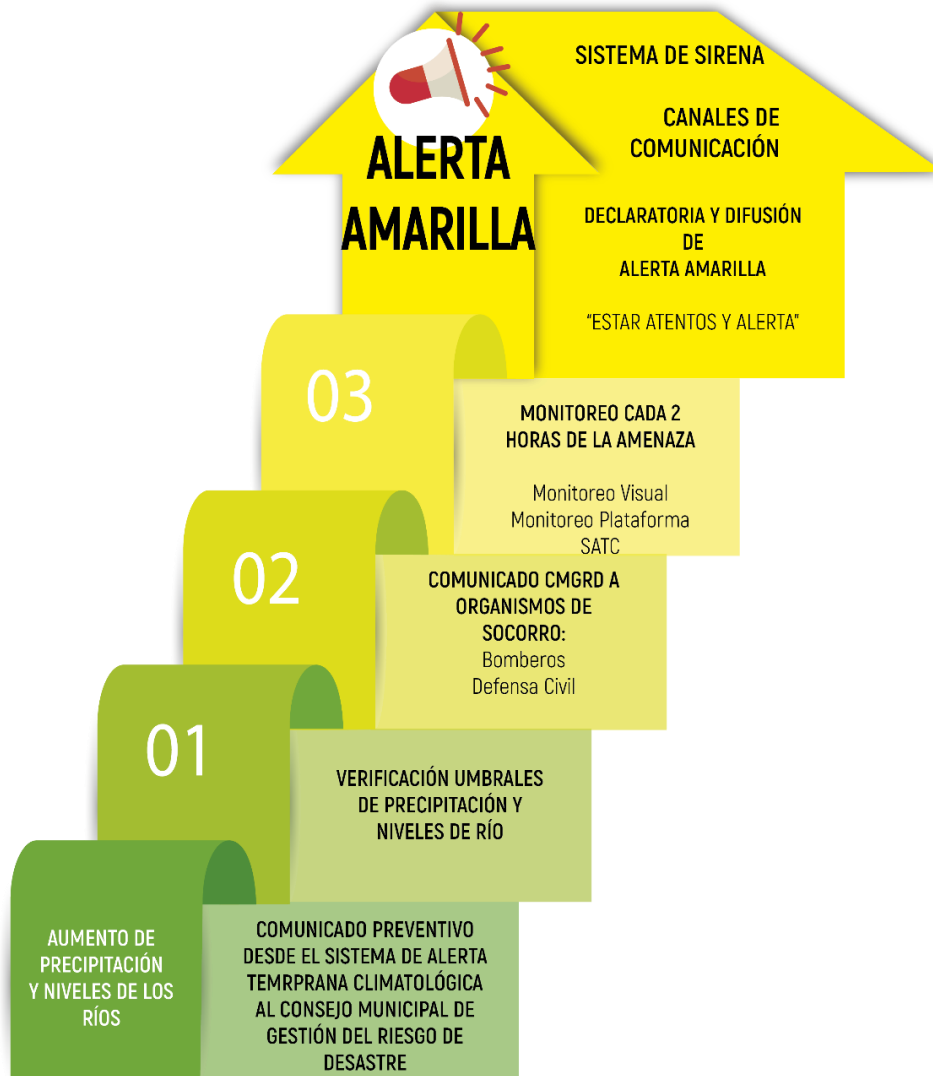
La vulnerabilidad que presentan los municipios de Norte de Santander, obliga a sus funcionarios y comunidad en general a estar preparados y capacitados en la respuesta a emergencias que se puedan presentar, los sistemas de sirena son una importante herramienta para el alertamiento de la comunidad, pero es de vital importancia la articulación con las diferentes entidades presentes en el territorio y la capacitación a la comunidad para estar preparados y responder de la mejor manera.

1. Un escenario de normalidad, invita al monitoreo cada 12 – 24 horas y significa que hay baja probabilidad de que ocurra una eventualidad.

2. La alerta amarilla hace el llamado a estar alertas, realizar un monitoreo cada dos horas y existe una media probabilidad de que ocurra una eventualidad.
3. La alerta naranja hace el llamado a estar preparados y a realizar monitoreo cada 45 minutos y existe una alta probabilidad de que se presente una eventualidad.
4. La alerta roja hace el llamado a evacuación, realizar un monitoreo constante y la ocurrencia de la eventualidad es inminente.

5.5.8.1 Protocolo de activación alerta amarilla

Figura 25: Protocolo de activación de alerta amarilla



Fuente: Autores

El Sistema de Alerta Temprana Climatológica de Norte de Santander, realiza el comunicado para la activación de la alerta amarilla, pero el CMGRD es el responsable de activar la alerta y tomar las medidas necesarias.

5.5.8.2 Protocolo de activación alerta naranja

Figura 26: Protocolo de activación de alerta naranja

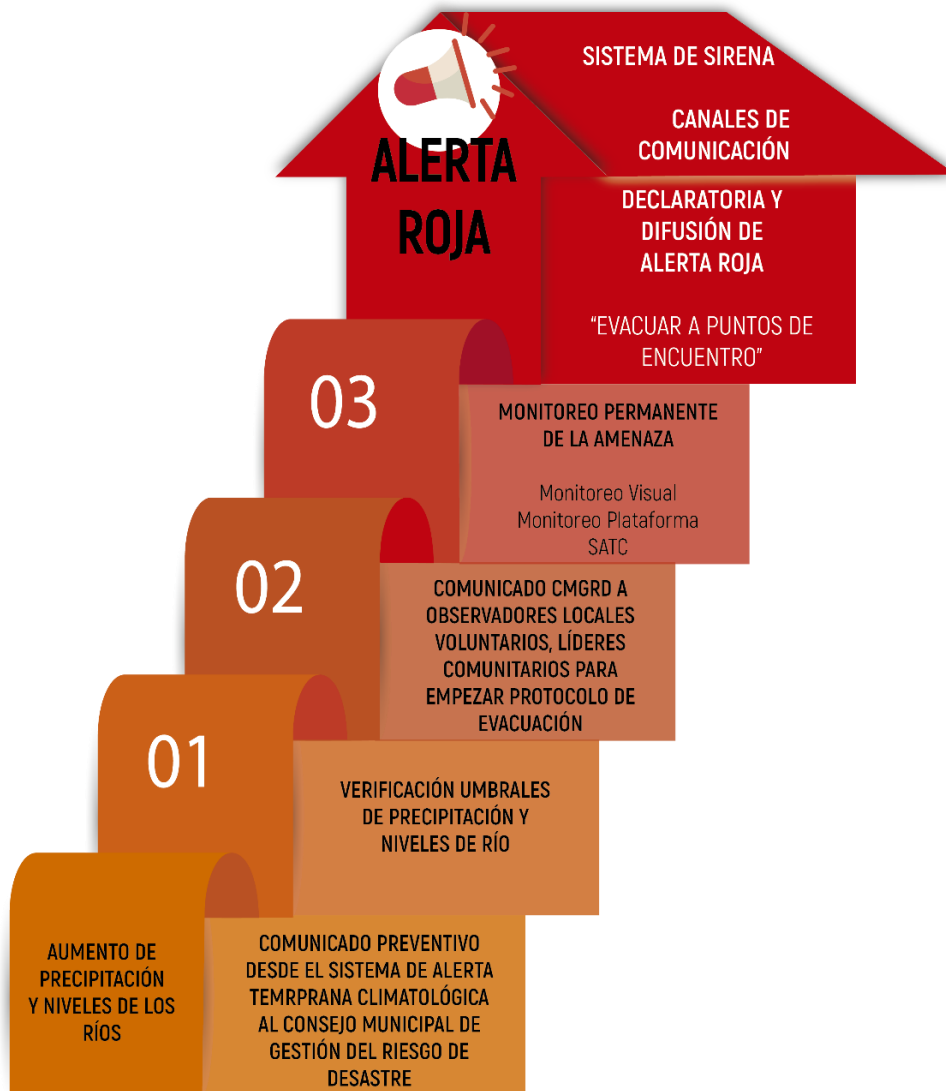


Fuente: Autores

El Sistema de Alerta Temprana Climatológica de Norte de Santander, realiza el comunicado para la activación de la alerta naranja, pero el CMGRD es el responsable de activar la alerta y tomar las medidas necesarias.

5.5.8.3 Protocolo de activación alerta roja

Figura 27: Protocolo de activación de alerta roja



Fuente: Autores

El Sistema de Alerta Temprana Climatológica de Norte de Santander, realiza el comunicado para la activación de la alerta roja, pero el CMGRD es el responsable de activar la alerta y tomar las medidas necesarias.

5.5.9 SERVICIOS DE RESPUESTA

Los servicios de respuesta corresponden a las acciones que deberán desarrollarse para la atención de los daños y pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales que se presentan por efecto de eventos adversos ocurridos. Las funciones de soporte son aquellas actividades técnicas, administrativas y logísticas que se desarrollan para optimizar las operaciones de respuesta a la emergencia. Para ambas formas de intervención se deberán contemplar protocolos y procedimientos que incluyen líneas de acción, actores y roles de las diferentes entidades del SNGRD que tienen competencia.

Con el propósito de disminuir al máximo la improvisación, es necesario establecer el protocolo de activación de la alerta y el protocolo de respuesta para evitar la duplicidad de acciones realizadas en el momento de la respuesta "Alerta Roja".

5.5.10 PREPARACIÓN PARA LA RESPUESTA

Se deben planificar, ejecutar y evaluar de manera frecuente, por lo menos una vez al año, simulacros de los componentes por separado del SAT y del funcionamiento completo, con la participación activa de la comunidad y todos los integrantes del sistema; este tipo de ejercicios, ayudan a profundizar el conocimiento sobre la operación y permite la identificación de aspectos a corregir y fortalecer.

5.5.11 DIFUSIÓN DE LAS ALERTAS

La difusión de alertas se realiza a través de la plataforma WEB SATC, generación de Boletines de alerta, y comunicación constante con líderes comunitarios en cada municipio y los Consejo Municipal.

Es un tema de comunicación donde los comunicadores y los líderes comunitarios tienen la palabra. La información procedente de una Institución técnica debe llegar de manera oportuna a las poblaciones. En el caso de un SAT comunitario, las propias comunidades con base en las alertas generales podrían precisar sus alertas y hacer funcionar sus propios sistemas de alarma.

Con respecto a las “alarmas” instaladas se cuenta con protocolos de funcionamiento, los cuales son evaluados periódicamente. Los mecanismos utilizados para dar la ALARMA, funcionan continuamente, además usan tecnología de recarga de baterías mediante paneles solares, y principalmente conocidos por toda la población expuesta al riesgo.

“Los Sistemas de Alerta Temprana incluyen la recopilación y el análisis de información dirigida a la comunidad, permitiendo que los mensajes de advertencia ayuden a reaccionar ante un peligro y reducir la pérdida o daño resultante. La capacidad de las comunidades locales para predecir las condiciones climáticas utilizando el conocimiento del territorio se ha demostrado en estudios centrados en el cambio climático y la agricultura”(Macherera M. & Chimbari M.J., 2016).

5.6 PLATAFORMA WEB SATC

La plataforma SATC Norte de Santander está compuesta de una red de estaciones meteorológicas e hidrológicas distribuidas en el departamento.

Imagen 23: Visor Plataforma Web SATC



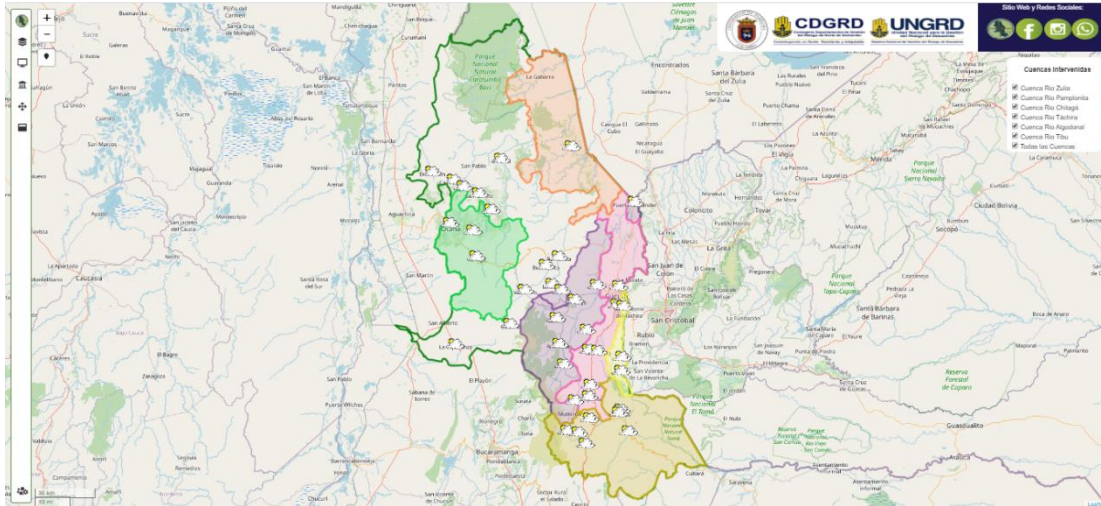
Fuente: Plataforma WEB SATC

Esta plataforma se desarrolló como herramienta de apoyo para el SATC de Norte de Santander la cual recibe la información enviada por las estaciones la procesa y la muestra en tiempo real. Se compone de diferentes herramientas que permiten al usuario interactuar dependiendo de qué información requiere. Una opción sencilla y de fácil implementación es el diseño de una página web bajo el estándar HTML y códigos en JavaScript para las animaciones y despliegue de gráficas en tiempo real de los instrumentos de las estaciones. (Ramón, J. A. Alzate, D.F. & Valencia, J. D. 2016)

5.6.1 FUNCIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA

La plataforma es muy fácil de usar, al ingresar se encuentra el geoportal, (ver imagen 16).

Imagen 24: Geoportal Plataforma WEB-SATC



Fuente: Plataforma WEB SATC

El geoportal es un visor en el cual se puede seleccionar la estación correspondiente al municipio que se quiera visualizar, ya sean meteorológicas, hidrológicas o SAT comunitarios, las capas base o mapas y las leyendas. Estas estaciones muestran en tiempo real la temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, brillo solar y precipitaciones, junto con un gráfico de las últimas 24 horas.

Imagen 25: Datos Estación Meteorológica



Fuente: Plataforma WEB SATC

El módulo informativo de la plataforma cuenta con todo lo referente al proyecto como investigación, eventos que se realizaron, galería de fotos, plataformas de apoyo, cuencas intervenidas, información de consejeros municipales y demás. Adicionalmente cuenta con hipervínculos de entidades relacionadas como la UNGRD, IDEAM, SGC, entre otras.

Imagen 26: Plataformas de Apoyo



Fuente: Plataforma WEB SATC

Adicionalmente la plataforma WEB SATC cuenta con módulo de validación de datos, generación de boletines de alerta y pronóstico meteorológico diario, este proceso se describe en el apartado correspondiente a generación de alertas.

La plataforma cuenta con un módulo de gestión de información que permite que un usuario/administrador pueda alimentar noticias nuevas, información de estaciones, subir los boletines y demás, todo esto con el fin de que sea más fácil la alimentación de la información.

Imagen 27. Módulo de administrador



Fuente: Plataforma WEB SATC

Así mismo se han desarrollado herramientas audiovisuales para guiar a usuario en la navegación en la plataforma. Estas herramientas se encuentran en **Tutoriales**, en la plataforma.

5.7 MODELAMIENTO Y SEGUIMIENTO DE LA AMENAZA

Como quinta fase se propone el modelamiento y seguimiento de la amenaza, basado en estudio de datos históricos climatológicos e hidrológicos para la determinación de los umbrales de alerta para cada uno de los municipios que conforman el área de influencia del proyecto SATC, estos umbrales se socializan con los respectivos Consejos Municipales para la Gestión del Riesgo de Desastres con miras a que sean tenidos en cuenta a la hora de declarar alerta y activar protocolos de emergencia. Actualmente esta fase se encuentra en proceso, una vez desarrollados los modelos se propone la incorporación en la Plataforma del proyecto.

Adicionalmente se propone la incorporación de modelos hidrológicos e hidrodinámicos entre ellos HydroBid, FEWS. Iric, Delft, entre otros que ayuden a predecir eventualidades relacionadas con avenidas torrenciales e inundaciones.

Por otra parte, el profesional operativo del proyecto teniendo en cuenta la base de datos de variables hidrometeorológicas desarrolla boletín de pronóstico y alertas diario, información que se difunde a los Consejeros Municipales para la Gestión del Riesgo de Desastres del Departamento Norte de Santander.

5.8 GENERACIÓN DE ALERTAS Y RESPUESTA A EMERGENCIAS

5.8.1. PRONÓSTICOS METEOROLÓGICOS

Una de las principales razones para observar el tiempo es obtener datos y hacer previsiones meteorológicas. Los pronósticos del tiempo son muy valiosos y se elaboran con diversas técnicas y métodos, implementando el uso de datos de diversos tipos así como también de modelos para la generación de pronósticos fiables.

En un Sistema de Alerta Temprana, los pronósticos son fundamentales, ya que una variación del estado del tiempo puede estar relacionada con fenómenos naturales. Actualmente existen diferentes métodos para realizar un pronóstico. El método que un pronosticador utilice depende básicamente de su experiencia, la cantidad de información disponible, del nivel de dificultad que presenta la situación y del grado de exactitud o confianza necesaria en el pronóstico.

El proyecto SATC viene adelantando la generación de pronósticos diarios para cada una de las cuencas de estudio. Las herramientas utilizadas y la metodología implementada para la generación del pronóstico diario se resume a continuación

Figura 28: Metodología para la generación de pronósticos



Fuente: Autores

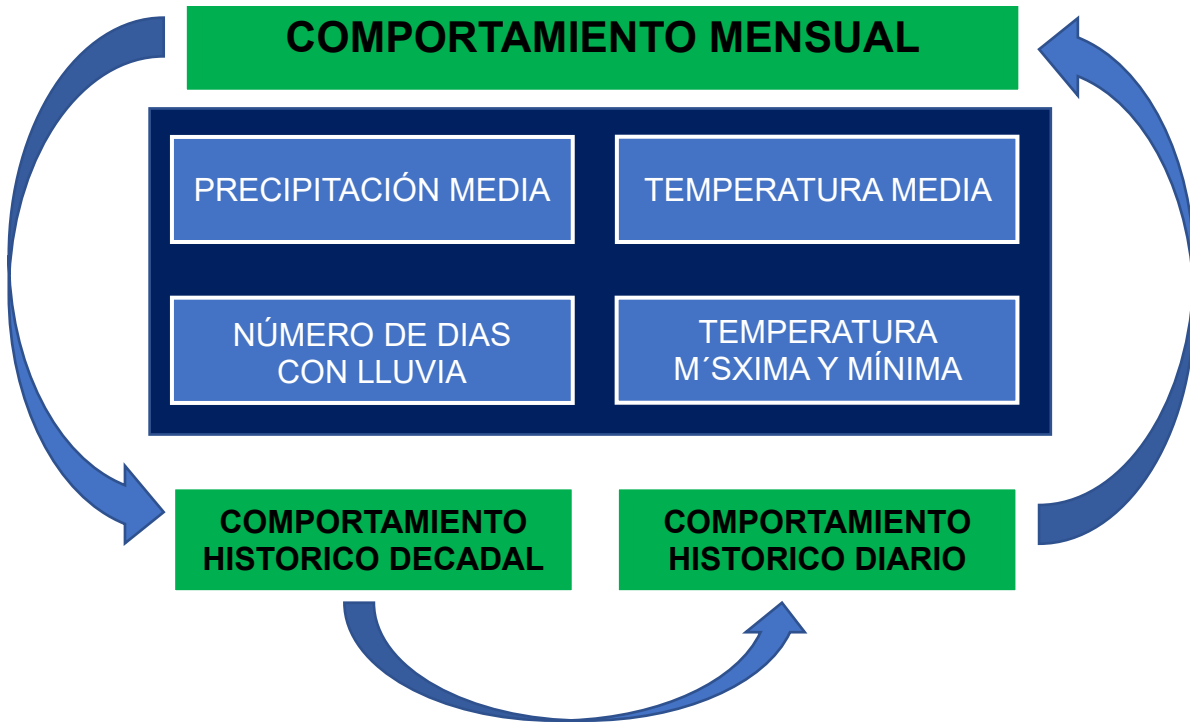
5.8.1.1. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HISTÓRICO

5.8.1.1.1. Comportamiento mensual, histórico decadal e histórico diario

Es necesario llevar a cabo el análisis del patrón general del comportamiento de la precipitación y temperatura sobre el departamento Norte de Santander, teniendo en cuenta que a nivel regional se presentan grandes desviaciones respecto a este comportamiento, en razón de la accidentada topografía y/o a factores incidentes en la climatología propia del territorio departamental. Dicho

análisis se basa en estudios realizados por el IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Figura 29: Análisis del comportamiento histórico



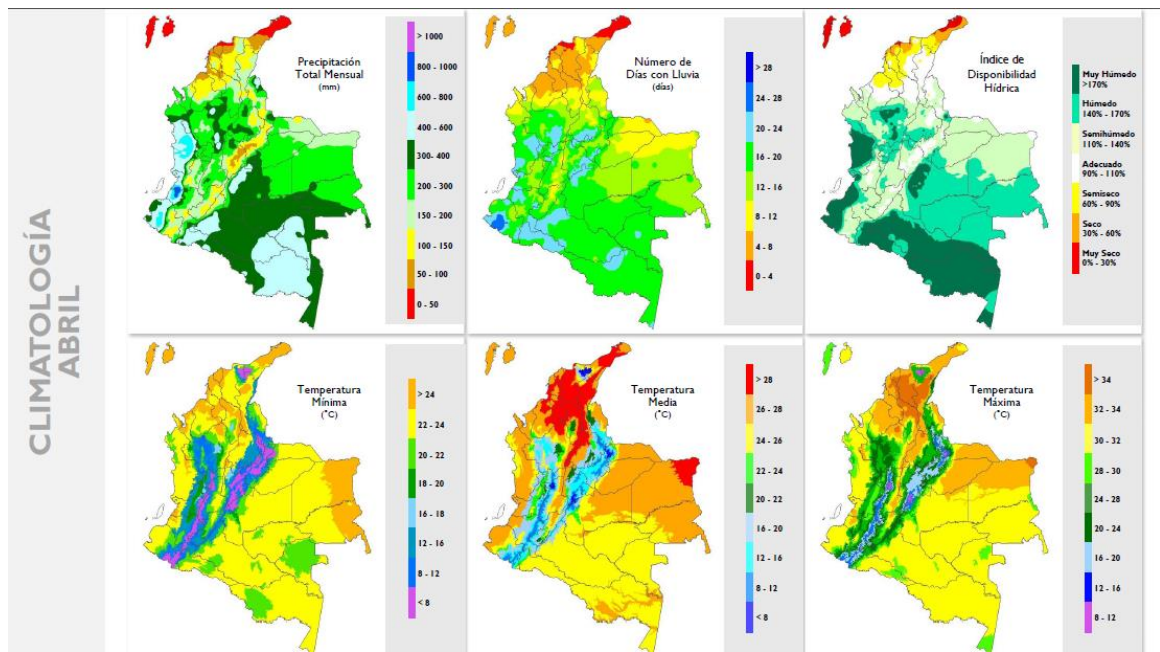
Fuente: Autores

Para el análisis de la distribución espacial, temporal y el comportamiento mensual, histórico decadal e histórico diario de las precipitaciones y temperaturas en el departamento Norte de Santander, es necesario tener en cuenta datos históricos y estudios desarrollados por el IDEAM, entre los cuales se pueden encontrar

- Estudios Climatológicos mensuales
 1. Precipitación total mensual

2. Número de días con lluvia
3. Temperatura Mínima
4. Temperatura media
5. Temperatura máxima
6. Comportamiento decadal

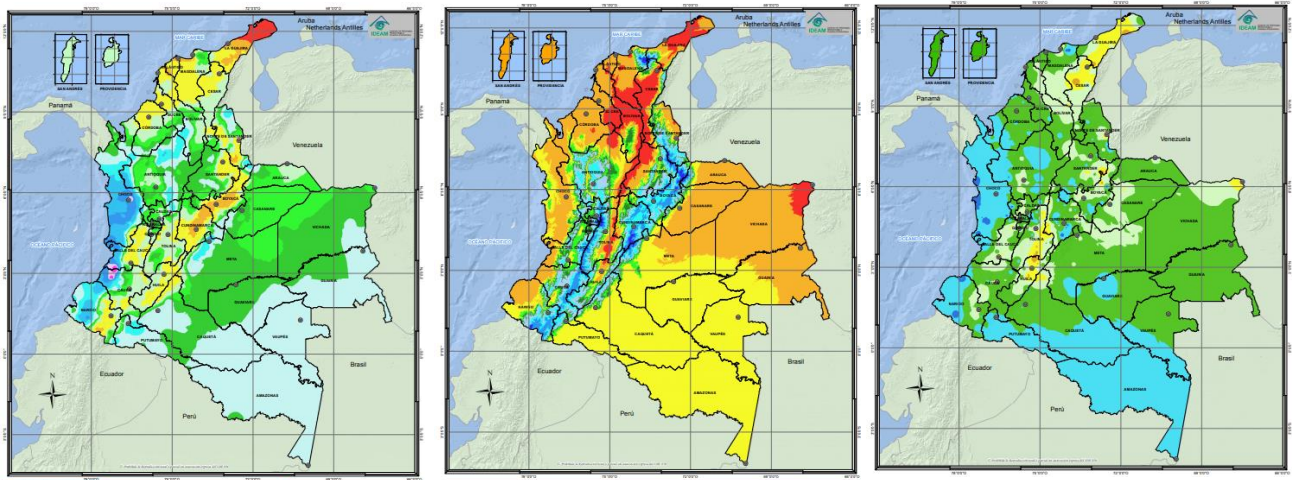
Figura 30: Estudios climatológicos mensuales



Fuente. IDEAM,2020.

- Históricos del comportamiento de la precipitación, humedad y temperatura (1981-2010)

Figura 31: Mapa de Precipitación, Temperatura y humedad relativa anual-multianual



Fuente. IDEAM

- Datos meteorológicos del SATC

Adicionalmente a lo nombrado anteriormente se desarrolla una síntesis de condiciones meteorológicas presentadas en el día anterior, este seguimiento se realiza a los datos obtenidos con las estaciones meteorológicas del Proyecto SATC, teniendo en cuenta

- Precipitación
- Temperatura Máxima
- Temperatura Media
- Temperatura Mínima

En la figura 47, se muestra un ejemplo de la síntesis realizada para un día x de la cuenca del río Pamplonita.

Tabla 4: Síntesis de precipitación y temperatura presentados el día anterior

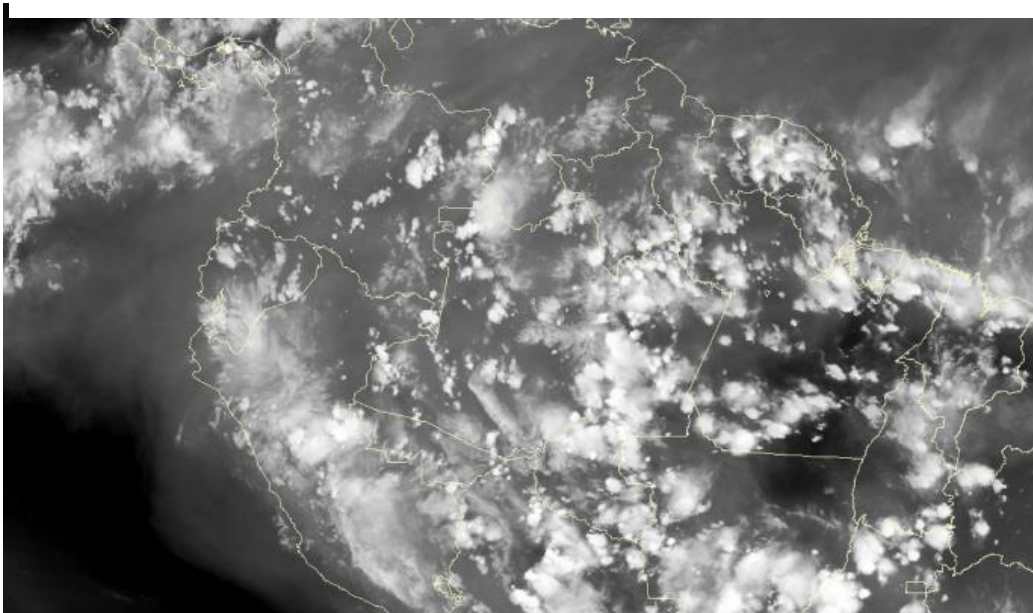
MUNICIPIO	PRECIPITACIÓN	T MÁXIMA	T MEDIA	T MÍNIMA
PAMPLONA	0 mm	21°C	16 °C	10,5°C
PAMPLONITA	0 mm	25,5°C	19,2 °C	14,1°C
BOCHALEMA	SD	SD	SD	SD
CHINÁCOTA	0 mm	29,1°C	22,9 °C	18,4°C
LOS PATIOS	0 mm	31,9°C	27,4°C	23,5°C
CÚCUTA	0 mm	32,7 °C	29,3 °C	24,2 °C

Fuente. Autores

5.8.1.1.2. Análisis de las imágenes satelitales meteorológicas

- Análisis de las imágenes de vapor de agua.

Imagen 28: Imagen satelital/vapor de agua



Fuente. Nasa,2020

Las imágenes en WV2 son representativas de la humedad de la media y alta tropósfera. En definitiva el canal de WV2 se utiliza en la banda de absorción de $6\mu\text{m}$ dentro de la radiación IR y en general las imágenes representan la humedad media de la tropósfera. Una baja humedad en la troposfera por lo general muestra tonos más oscuros y una alta humedad asociada a un contenido alto de vapor de agua se indica en tonos grises y blancos brillantes. (PalaciosGonzález, Ramón Valencia, & Herrera, 2018)

- **Análisis de las imágenes infrarrojas.**

Una imagen infrarroja (IR, desde ahora) es aquella que toma un satélite en el llamado canal o banda infrarroja. Las longitudes de onda IR, a las cuales son sensibles los sensores u "ojos" del satélite, son del orden de los 10-12 micrómetros. En dicha zona del espectro electromagnético el "ojo" IR del satélite está detectando estructuras nubosas, terrestres o marítimas que emiten señales en dichas longitudes de onda

" Todo cuerpo que se encuentre a una temperatura determinada emite una radiación electromagnética que depende de dicha temperatura de emisión. A esta temperatura se le denomina temperatura de brillo del cuerpo emisor, T_b de aquí en adelante."

El Sol emite a una T_b equivalente del orden de $6.000\text{ }^\circ\text{C}$. La Tierra, y para un observador en el espacio como es un satélite, emite, por termino medio, como si tuviera una T_b del orden de $17\text{ }^\circ\text{C}$ a $20\text{ }^\circ\text{C}$. Lo mismo le sucede al ser humano: por poseer un temperatura dada, nuestro cuerpo emite radiación térmica que nuestros ojos, sensible a la luz visible o "blanca", no ven.

Otros principios físicos y básicos que vamos a manejar son los siguientes:

"A mayor T_b , mayor es la energía emitida por el cuerpo emisor y mayor es el intervalo de longitudes de onda de emisión".

a.- El día y la noche en el IR: 24 horas de imágenes e información disponible

Aquí no tenemos el problema que se presentaba en las imágenes del VIS: **las estructuras analizadas siempre emiten con una Tb, independientemente de que estén o no iluminadas por el Sol, por lo que: SIEMPRE tendremos información de las superficies emisoras en el IR (nubes, tierra, mar, etc..)**. Por este motivo las imágenes IR se suelen utilizar para hacer secuencias o "loops" de imágenes de forma continua en 24 horas y en periodos nocturnos. Los canales de TV en sus informativos meteorológicos suelen usar estas imágenes en sus presentaciones estándares.

b.- Imágenes IR y sus representaciones básicas: escala de grises

Una imagen IR se suele representar generalmente en una escala de grises. Para hacerlas comprensibles al ojo del ser humano se toman los siguientes convenios:

- Las *superficies emisoras cálidas* (suelos y agua) se presentan con *tonalidades negras y oscuras*. A mayor temperatura de emisión, mayor es el grado o tonalidad oscura.

- *Las nubes, que en general son superficies emisoras frías*, se representan en *grises claros o blanquecinos, y en blanco las más frías*. De esta forma mantenemos que las nubes son blancas o grisáceas para la vista humana.

En muchos portales de INTERNET o emisoras de TV que suministran imágenes IR las superficies emisoras como los suelos y el mar se colorean con falsos colores para hacerlas más atractivas al público. Nosotros utilizaremos la escala de grises con el convenio anterior, mientras no se diga lo contrario.

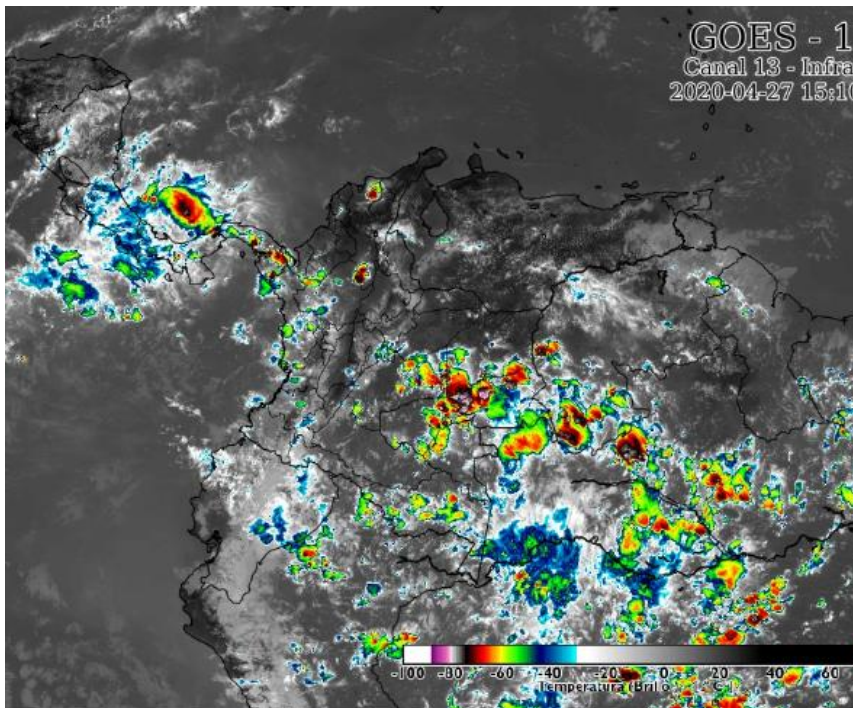
c.- El IR y las zonas de precipitación

Hasta ahora hemos visto que las imágenes IR son en realidad mapas térmicos de las superficies emisoras y, por el convenio anterior, podemos derivar la cobertura nubosa. No le pidamos a las imágenes IR lo que NO nos pueden dar: conocer directamente las zonas donde llueve, nieva, graniza, etc. Al igual que en la imagen VIS, al menos sabremos donde no hay precipitaciones por ausencia de nubes.

d.- El IR y la altura de las nubes

Si suponemos que la temperatura en la troposfera decrece a medida que nos elevamos tendremos que: las nubes más altas (cirros y tormentas bien desarrolladas) poseerán toques más fríos que las nubes más bajas (estratos y nieblas).

Imagen 29: Imagen satelital/infrarrojo



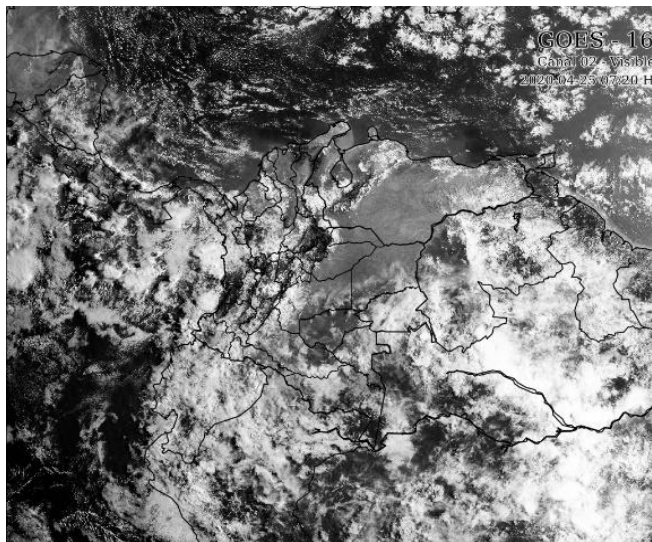
Fuente. Nasa,2020

- Análisis de las imágenes visibles.

Las zonas de alta reflectividad aparecen blancas y las de menor más oscuras hasta el negro. A esta radiación se la asocia un albedo de 1 a 100 y los

componentes de una imagen satelital se expresan en albedos relacionados con un tono de gris. Mediante la utilización de los contrastes es posible definir la forma de los objetos en estas imágenes principalmente las nubes por lo que la banda visible es útil especialmente en la meteorología sinóptica. Estas imágenes son utilizadas para identificar la nubosidad baja que no se puede ver ni en las imágenes infrarrojas ni en las de vapor de agua. También se pueden identificar el tipo de nubes dependiendo de la forma en el momento que se observen.

Imagen 30: Imagen satelital/imagen visible



Fuente. Nasa,2020

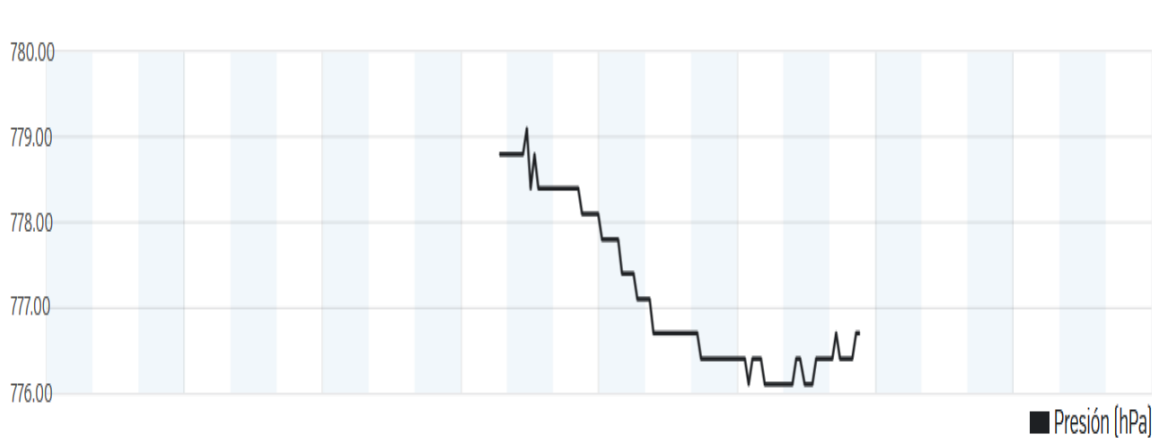
5.8.1.1.3. Observación de la atmosfera actual

- Variación de la presión atmosférica

La observación de la variación en la presión atmosférica en un lugar determinado, es muy importante para los pronósticos del tiempo. Se realiza la medición utilizando un instrumento llamado barómetro. Estas variaciones están estructuralmente ligadas a las perturbaciones atmosféricas. Los días de buen tiempo se caracterizan por una presión atmosférica elevada y constante, y los de mal tiempo por presiones bajas y variables.

Teniendo en cuenta que la presión puede dar una orientación de cómo puede estar el estado del tiempo, es importante hacer seguimiento de esta variable.

Figura 32: Variación de la presión atmosférica en Pamplona en un día X



Fuente: Autores

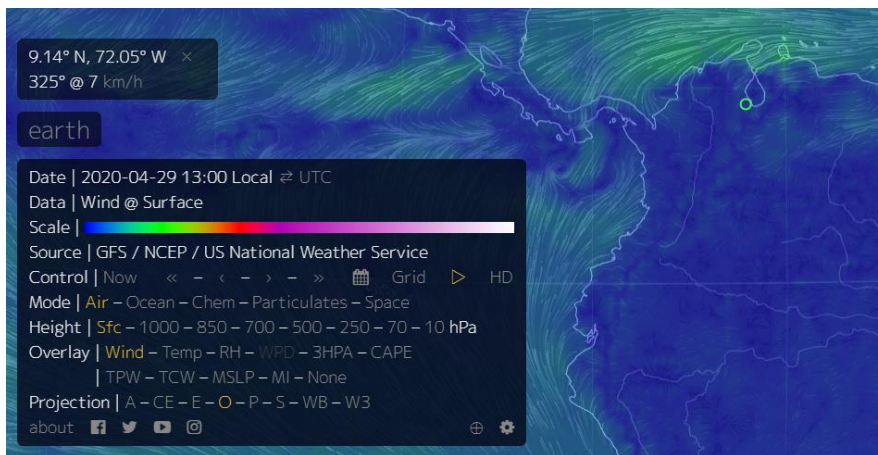
- Análisis de vientos.

Verificar la velocidad y dirección del viento en las estaciones automáticas instaladas en los municipios y en plataformas disponibles

Figura 53: Velocidad y dirección del viento



Imagen 31: Velocidad y dirección del viento, earth



Fuente: Autores

El viento sigue una trayectoria aproximada a las isobaras, sobre todo en la superficie del mar. En el hemisferio sur, en las bajas presiones el viento circula en el sentido de las agujas del reloj y lo hacen desde el exterior de la baja presión hacia el centro de la misma con un ángulo aproximado de unos 30° con respecto a las isobaras. En las altas presiones el viento circula en el sentido contrario a las agujas del reloj y alejándose del centro de alta presión. De lo anterior se deduce que el viento circula de las altas a las bajas presiones. Por otro lado la velocidad del viento es directamente proporcional a la separación

de las isobaras. Esto significa que cuanto más juntas estén las isobaras, más fuerte será el viento.

- **Cartas sinópticas**

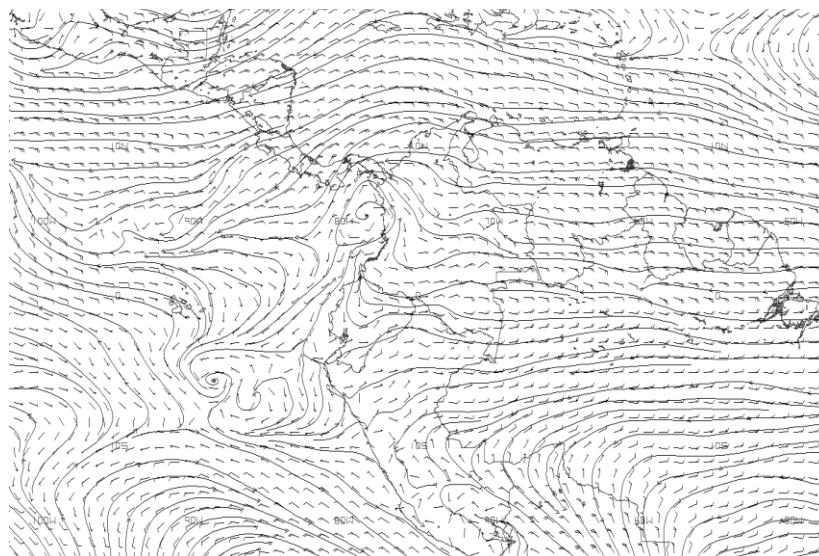
La carta sinóptica es una representación gráfica del campo de presión atmosférica al nivel medio del mar. Las isobaras que corresponden a líneas de igual presión son trazadas por los meteorólogos cada 4 hectopascales en los servicios meteorológicos de algunos países y cada 5 hectopascales en otros. A parte de las isobaras en la carta aparecen dibujados los sistemas frontales y los centros de alta y baja presión.

Las Isobaras Corresponden a las líneas que unen puntos de igual presión atmosférica.

Los Centros de Baja Presión. Corresponden al trazado de las isobaras más o menos circular en torno a un centro donde la presión atmosférica es mínima. Están asociados normalmente a condiciones de mal tiempo, con lluvias y tormentas.

Los Centros de Alta Presión. Corresponden al trazado de las isobaras mas o menos circular en torno a un centro donde la presión atmosférica es máxima. Están asociados normalmente a buen tiempo.

Figura 33: Carta Sinóptica



Fuente. IDEAM, 2020.

- **Imágenes de radar**

Las imágenes de radar son representaciones de la Tierra a una sola frecuencia, que destacan cambios en la rugosidad del terreno, relieves y niveles de humedad. Son similares a otros tipos de imágenes de observación de la Tierra en que ellas representan la porción de reflexividad del espectro electromagnético. Sin embargo, la imagen de radar se deriva de una porción del espectro de luz que la visión humana es incapaz de detectar. Esta longitud de onda especial es capaz de penetrar lluvia, nubes y neblina, para proporcionar una vista continuamente despejada de la Tierra.

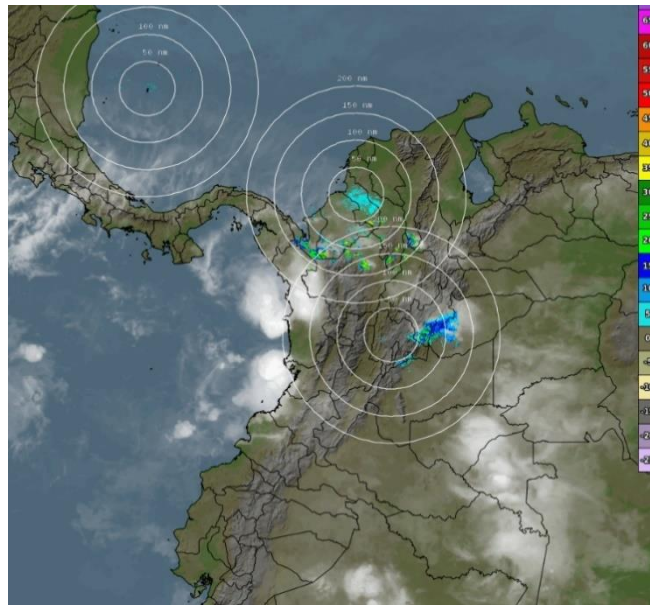
Una imagen de radar es la relación de la energía de microondas transmitida a la Tierra a la energía reflejada directamente de regreso al sensor. La energía que regresa al sensor se llama retrodispersion. La retrodispersion de un área de cobertura es dependiente de la topografía local, rugosidad en escala - centímetros, y propiedades dieléctricas, que están directamente afectadas por los niveles de humedad. Los valores de retrodispersion bajos se representan como

tonos de imagen oscuros o niveles de gris que se aproximan al negro, mientras que los valores de retrodispersion altos se muestran como tonos de imagen claros o niveles de gris aproximándose a blanco.

Las imágenes de radar proporcionan información valiosa a una amplia comunidad de usuarios. La geología, meteorología, agricultura y el mapeo de la cobertura del terreno.

Visualización y análisis de las imágenes generadas por el radar más cercano. Radar Barrancabermeja.

Imagen 32: Radares en Colombia



Fuente. IDEAM, 2020.

5.8.1.1.4. Consulta de modelos y sistemas de pronósticos

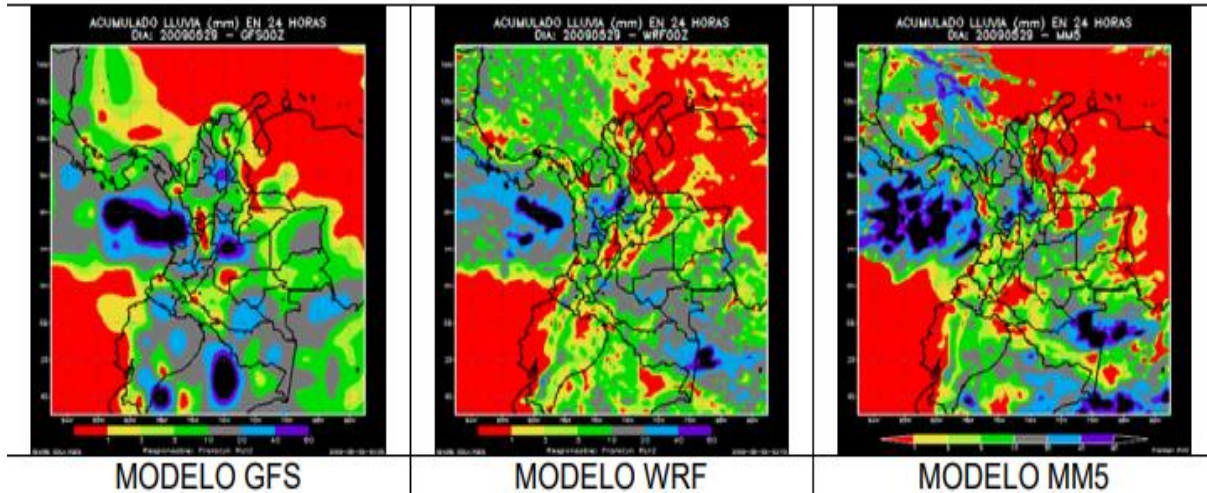
- Modelos IDEAM

En Colombia el IDEAM corre de forma experimental 2 modelos de mesoescala: el modelo WRF y el modelo MM5. El WRF (Weather Research and Forecasting) es la

siguiente versión del modelo MM5 (Mesoscale and Microscale V5) y es más robusto en el sentido de que fue diseñado para ser montado fácilmente en plataformas Linux, AIX, HP-UX, Sun y otras, en la física permite resolver los procesos con pasos de tiempo más rápido agilizando la entrega de los resultados y en general su presentación final. El principal insumo de estos modelos son los datos iniciales que suministra el modelo de baja resolución de la NOAA conocido como GFS (Global Forecast System) el cual genera un campo inicial del estado de la atmósfera en sus cuatro dimensiones (longitud, latitud, altura y tiempo) y realiza un proceso de pronóstico a 15 días en baja resolución, o sea para áreas superiores a (55kmx55km) 3080.25 km²; Por ello surge la necesidad de ajustar este resultado tan grueso con WRF y/o MM5 teniendo en cuenta tanto aspectos topográficos como información provenientes de estaciones meteorológicas.

Con la tecnología existente en IDEAM, al modelo MM5 le toma hasta 7 horas hacer un pronóstico del estado del tiempo para 3 días a una resolución de (15kmX15km) 225km², mientras que, con WRF realizar el pronóstico, para 3 días de Colombia y Bogotá, a resoluciones de (20kmx20km) 400km² y (7kmx7km) 49km² respectivamente, le toma hasta 5 horas; presentando resultados similares a los que se aprecian en la Fig. 34, donde se observa que los modelos de mesoescala resuelven un pronóstico de lluvia acumulado a 24 horas teniendo en cuenta mejor los efectos topográficos del país.

Figura 34: Modelos meteorológicos IDEAM

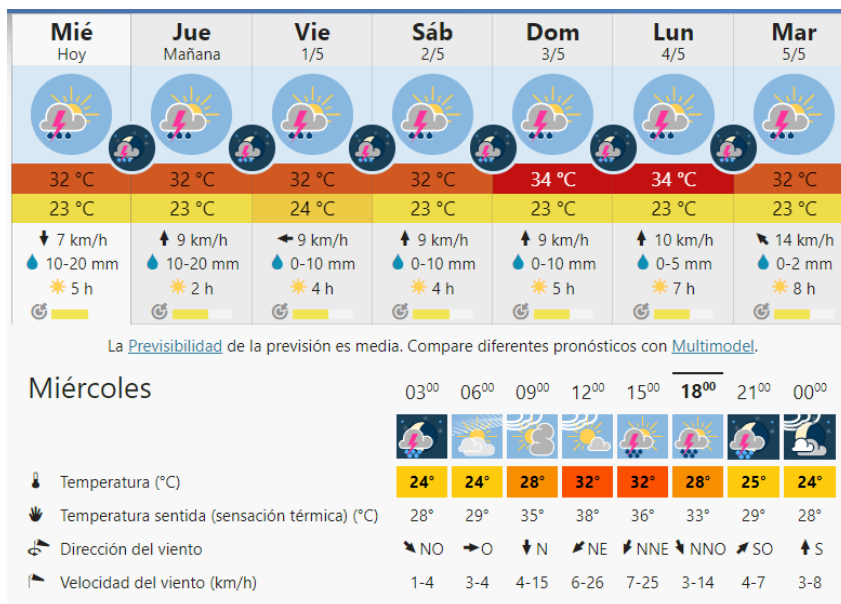
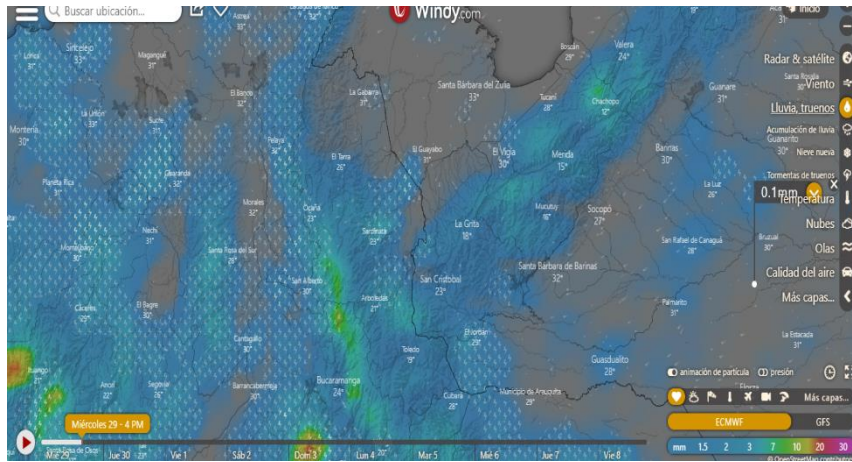


Fuente. IDEAM, 2009.

Comparación con otros sistemas de pronósticos

La comparación del pronóstico generado se realiza adicionalmente con otros sistemas de pronósticos muy utilizados como lo son Windy y MeteoBlue, confrontando las predicciones realizadas por el SATC y las predicciones mostradas en MeteoBlue y Windy.

Figura 35: Modelo Windy/MeteoBlue



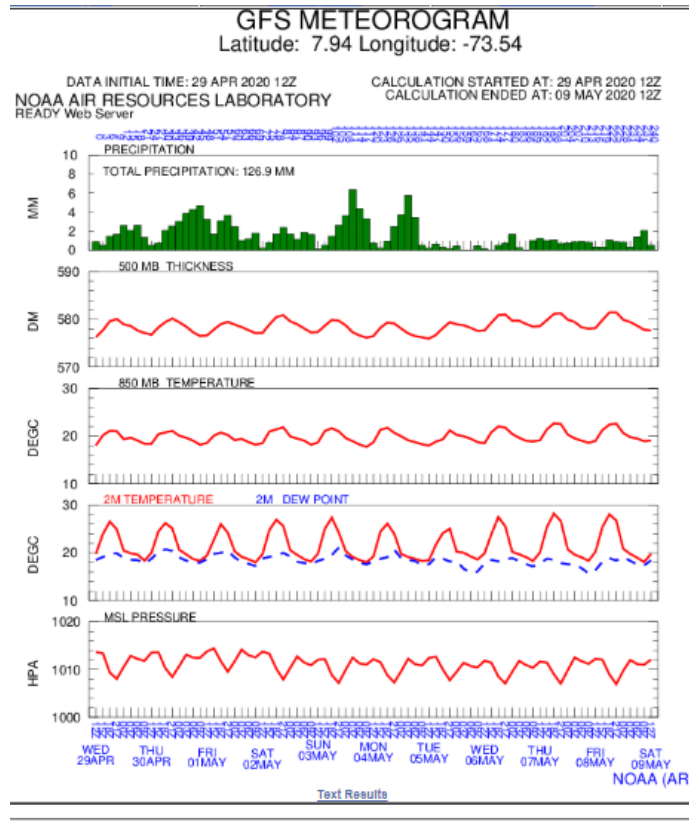
- Consulta de meteogramas

Un Meteograma es una gráfica que muestra variables del estado del tiempo atmosférico que se desarrollan en la atmósfera, arrojando representaciones de un pronóstico del tiempo; cuanto más cercano se este del día, más confiable será

el pronóstico, de manera general hasta tres días se considera asertivo, posteriormente solo serán tendencias de la dinámica del pronóstico numérico. Los meteogramas contemplan una gama de variables meteorológicas, tales como: velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, índice de estabilidad, presión atmosférica, presión a nivel superficial, temperatura y precipitación superficial, etc.; dichas variables meteorológicas se obtienen mediante modelos numéricos de la dinámica de la atmosfera el cual consta de un complejo físico-matemático que permite obtener en cada punto de rejilla o malla del área geográfica una serie de productos meteorológicos que son muy importantes en la elaboración de la predicción diaria del sistema atmosférico, campos de viento, vorticidad, radiación, temperatura, lluvia, etc. Cada Meteograma consta de lo siguiente (de arriba hacia abajo).

Los meteogramas muestran los detalles de previsiones locales. Las previsiones se han calculado para un lugar y altitud específica y se muestran en el meteograma. En las zonas de montañas y valles, se utiliza una altitud media de los lugares circundantes.

Figura 36: Meteograma



Fuente. NOAA, 2020.

El pronóstico generado se puede visualizar a través de la plataforma <https://www.satcnortedesantander.gov.co/> o de la APP SATC Ndes. En la siguiente imagen se visualiza la portada de los pronósticos diarios.

Imagen 33. Portada de pronósticos



Fuente. Autores

5.8.2. Boletín de Alertas

EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES Y SEQUÍAS COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE

SANTANDER, pone a disposición de los CONSEJOS MUNICIPALES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE NORTE DE SANTANDER y la comunidad en general, boletín diario de alertas ambientales de origen hidrometeorológico para el territorio departamental; de igual manera, se pueden consultar los informes anteriores.

La información que en los boletines se presenta se basa en las condiciones meteorológicas e hidrológicas observadas, además se tiene como referente los informes técnico, comunicados o boletines de alerta a nivel nacional generados por el IDEAM y demás entidades que correspondan.

A continuación, se detalla cada uno de los niveles de alerta establecidos



ALERTA ROJA. Advierte sobre la amenaza que puede ocasionar efectos adversos sobre la población expuesta, se emite únicamente cuando el fenómeno amenazante indica probabilidad inminente. **TOMAR ACCIÓN.**



ALERTA NARANJA. Indica la presencia de un fenómeno, emite mensaje de información y preparación. Hace el llamado a entidades competentes y organismos de socorro a realizar vigilancia continua. Estar atentos a las directrices del Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo. **PREPARACIÓN.**

ALERTA AMARILLA. Difusión de la información. No está encaminado a alertar, únicamente a informar. **INFORMACIÓN.**



Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la fase anterior y de acuerdo a los umbrales obtenidos y eventualidades presentadas se realiza la difusión, activación de alertas y activación de sistemas de sirena por el municipio correspondiente. Como medida adicional es fundamental la articulación de los diversos actores involucrados como lo son UNGRD, CDGRD, CMGRD, organismos de socorro y entidades territoriales, así como la revisión, ajuste y actualización de las Estrategias Municipales de Respuesta a Emergencia con el fin de que las estrategias de respuesta implementadas ante un desastre presentado resulten efectivas y eficientes.

En la imagen que se presenta a continuación se muestra la plantilla de boletín diario de alertas.

Imagen 34. portada Boletín de alertas



Fuente. Autores

Así mismo se desarrolló un módulo de alertas, visible en la plataforma Web SATC, en el cual se evidencian alertas activas en los 40 municipios del departamento ante diferentes eventos. La publicación diaria de boletines y el módulo de alertas se visualiza en la plataforma del proyecto SATC, <https://www.satcnortedesantander.gov.co/>.

Imagen 35. Módulo de alertas

Alertas

Sistema de Alerta Temprana
Climatológica de Norte de Santander

Fecha:

▼

* Después de que se muestren los eventos selecciona el municipio para ver la descripción.

- ALERTA ROJA.** Amenaza Alta ante la ocurrencia de un evento determinado (incendios forestales, avenida torrencial, inundación, deslizamiento por lluvia, sequía, Helada, Niveles Bajos, Tiempo lluvioso o rayos). Advierte sobre la amenaza que puede ocasionar efectos adversos sobre la población expuesta, se emite únicamente cuando el fenómeno amenazante indica probabilidad inminente. **TOMAR ACCIÓN.**
- ALERTA NARANJA.** Amenaza moderada ante la ocurrencia de un evento determinado (incendios forestales, avenida torrencial, inundación, deslizamiento por lluvia, sequía, Helada, Niveles Bajos, Tiempo lluvioso o rayos). Indica la presencia de un fenómeno, emite mensaje de información y preparación. Hace el llamado a entidades competentes y organismos de socorro a realizar vigilancia continua. Estar atentos a las directrices del Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo. **PREPARACIÓN.**
- ALERTA AMARILLA.** Amenaza moderada ante la ocurrencia de un evento determinado (incendios forestales, avenida torrencial, inundación, deslizamiento por lluvia, sequía, Helada, Niveles Bajos, Tiempo lluvioso o rayos). Difusión de la información. No está encaminado a alertar, únicamente a informar. **INFORMACIÓN.**

Fuente. Autores

5.9 GOBERNABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD

Una de las garantías para que la red hidrometeorológica establecida a través del proyecto SATC sea funcional, indudablemente es la gobernabilidad que se logra con la articulación y apropiación de las entidades presentes en el territorio, gremios y empresas articuladas al proyecto y por último, y no menos importante comunidades corresponsables, capacitadas y apropiadas de los procesos que se llevan a cabo en el proyecto.

La gobernabilidad se refiere a la capacidad de gobierno de un problema o riesgo (económico, social y ambiental) relacionado con el proyecto. Esta capacidad se manifiesta en la gestión continuada y estable por parte de las entidades que conforman el convenio del proyecto SATC (Unidad nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, Consejo Departamental para la Gestión del riesgo de Desastres y la Universidad de Pamplona) pero también de los actores sectoriales y privados establecidos en el departamento Norte de Santander generando así mayor grado de interacción y cooperación entre actores públicos y privados en un conjunto de redes de decisión e intervención. Esta estrategia se plantea teniendo en cuenta que al incrementar la capacidad de gobierno, las toma de decisiones e implementación de políticas resultan más eficientes asegurando que las actividades realizadas en el marco del proyecto estén definidas según las fases, metas e indicadores planteados inicialmente.

Además, para garantizar el funcionamiento de un Sistema de Alerta Temprana se requiere que haya sostenibilidad en diversos componentes ya sea social, económico, ambiental, entre otros. Finalmente, también se desarrollan procesos con el fin de informar mejor a los formuladores de políticas públicas y a la comunidad de gestión de desastres sobre el uso de los sistemas de alerta temprana, basados en autores como (Collins, ML & Kapucu, N., 2008).

An aerial photograph of a rural landscape, showing a river winding through the scene, fields, and some buildings. The image is overlaid with a dark purple semi-transparent filter.

DISEÑO DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE
EVENTOS EXTREMOS DEL CLIMA.
EXPERIENCIA SATC NORTE DE SANTANDER

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Con el constante monitoreo de los parámetros climatológicos: temperatura, precipitación, presión, velocidad y dirección del viento, punto de rocío, brillo solar se ha podido observar la gran variación presente en nuestro departamento del tiempo atmosférico puesto que la parte alta, media y baja de las cuencas presentan comportamientos diferentes. La mayor cantidad de precipitación se presenta en la parte alta y media esto genera que los mayores riesgos ante eventos extremos se presenten en la parte baja ya que en ellos se ven reflejados los aumentos en los caudales de los ríos y las anomalías, en las cuencas de los ríos Zulia Y Pamplonita.
- Un paso fundamental hacia la adaptación que se debe dar a nivel regional está orientado a mejorar la generación y divulgación de información hidrometeorológica a nivel departamental con equipos automáticos que permitan el monitoreo en tiempo real. A través de esto, se pueden consolidar sistemas de alerta climática temprana participativos.
- La experiencia obtenida con el proyecto SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES Y SEQUÍAS COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER, ha conllevado a ser pioneros en Sistemas de Alerta Temprana Climatológicos, siendo un referente para otros departamentos con el objetivo de monitorear en tiempo real las diferentes variables meteorológicas presentes en otros tipos de microclimas ya que con la experiencia adquirida podemos capacitar implementar y aplicar los métodos de prevención ante eventos climatológicos extremos
- De acuerdo a revisiones y estadísticas realizadas la precipitación acumulada diaria dispuesta por el IDEAM se asemeja con los datos obtenidos por las estaciones instaladas en los municipios de Pamplona, Villa del Rosario y Chitagá. Lo que indica que las estaciones se encuentran

funcionando en perfectas condiciones y que la diferencia en las cantidades totales de precipitación puede deberse a la variación espacial de a precipitación.

- Las estaciones hidrológicas instaladas se encuentran operando las quebradas en tiempo real con la generación de reportes cada tres minutos, permitiendo las entidades competentes (alcaldías y CMGRD), realizar el seguimiento del comportamiento de lámina de agua y cauda especialmente en temporada de lluvias, permitiendo la activación de los protocolos de emergencia con anterioridad
- Los procesos sociales y comunitarios adelantados con a implementación y montaje institucional a través de los Sistemas de Alerta Temprana comunitarios evidencian la apropiación de territorio en las comunidades vulnerables con las que se trabajó en cada uno de los municipios

An aerial photograph of a rural landscape, showing a river winding through the scene, fields, and some buildings. The image is overlaid with a dark purple semi-transparent filter.

DISEÑO DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE
EVENTOS EXTREMOS DEL CLIMA.
EXPERIENCIA SATC NORTE DE SANTANDER

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Alzate , D., Rojas , E., Mosquera , J., & Ramón , J. (2015). Cambio climático y variabilidad climática para el periodo 1981-2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, Norte de Santander – Colombia. *Revista Luna Azul*, 127-153.
- Alzate Velásquez , D. F., Ramón Valencia , J. A., & Ramón Valencia , J. D. (2016). Sistema de alerta temprana ante eventos climáticos extremos como medida adaptación y mitigación al cambio climático. *Artículo Seleccionado del CADI*, 126-134.
- Basher , R. (2006). Global early warning systems for natural hazards: systematic and people-centred. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 2167-2182.
doi:<http://doi.org/10.1098/rsta.2006.1819>
- Campos, A. H. (2012). *Resumen ejecutivo. Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas. Banco Mundial*. Bogotá.
- Collins, ML , & Kapucu, N. (2008). "Sistemas de alerta temprana y preparación y respuesta ante desastres en el gobierno local". *Prevención y gestión de desastres, vol. 17 No. 5*, págs. 587-600.
doi:<https://doi.org/10.1108/09653560810918621>
- Colombia, C. d. [s,f]. *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia, un aporte para la construcción de políticas públicas*. [. Recuperado el 17 de Junio de 2019, de
<http://cedir.gestiondelriesgo.gov.co/dvd/archivospdf/5-GESTIONDELRIESGOWEB.pdf>
- Comisión del Banco Mundial. [S,F]. *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia, un aporte para la construcción de políticas públicas*. [.

- Congreso de la , R. (24 de Abril de 2012). Ley 1523 de 2012. *Política nacional de gestión del riesgo de desastres*. Bogotá. Obtenido de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1523_2012.html
- Congreso de la República . (2018). *Ley 1931*. Bogotá, DC.
- Cruz, R. (2009). *"informe mundial sobre desastres-alerta temprana, acción temprana"*. Cruz Roja Colombiana. Bogotá: SE. Recuperado el 24 de Julio de 2019, de <https://www.ifrc.org/PageFiles/99875/WDR2009-Spanish-1.pdf>.
- Dominguez , E., Angarita , H., & Rivera , H. (2010). Viabilidad para pronósticos hidrológicos de niveles diarios, semanales y decadales en Colombia. *Ingeniería e Investigación* , pp. 178-187.
- DOMINGUEZ CALLE, E., & LOZANO BAEZ, S. (2014). Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia. *Ciencias de la tierra*, 321-332.
- Domínguez, E. A. (2010). Viabilidad para pronósticos hidrológicos de niveles diarios, semanales y decadales en Colombia [versión electrónica]. . *Ingeniería e Investigación*, 30(2) , pp. 178-187.
- Domínguez, E., & Lozano, S. (2014). Estado del Arte de los Sistemas de alerta temprana en Colombia. *Ciencias de la tierra*, pp. 321-332. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v38n148/v38n148a07.pdf>
- EIRD. (S,f.). *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD)*. Obtenido de <https://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>
- Estrada, S. V., & Pacheco M, R. M. (2012). *Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba*. Santiago de Cuba, Cuba.
- Fernández, C. &. (2012). *Sistema de Alerta Temprana centrado en la población para la cuenca media del río Otún [Versión electrónica]. 2(50), pp. 211-217*. Scientia et Technica.
- FRANK THOMALLA, & RASMUS KLOCKER LARSEN. (2010). Resilience in the context of tsunami early warning systems and community disaster preparedness

in the Indian Ocean Region. *Environmental Hazards*, 249-265.
doi:10.3763/ehaz.2010.0051

- Guarniz Muñoz, C. K. (2014). *Comparación de los modelos Hidráulicos Unidimensional (HEC-RAS) y Bidimensional (IBER) en el Análisis de Rotura en Presas de Materiales Suelos; y Aplicación a la Presa Palo Redondo*. Trujillo, Perú.
- Hall, P. (2007). Early warning systems: reframing the discussion [versión electrónica]. *Australian Journal of Emergency Management*, 22(2), pp. 32-36. .
- Hall, P. (Mayo de 2007). Sistemas de alerta temprana: reformulando la discusión. *Australian Journal of Emergency Management*, vol. 22, N ° 2, 32-36. Obtenido de <https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=839806054325836;res=>
- HYDROMET, O. (13 de Diciembre de 2019). *OTT HYDROMET*. Obtenido de <https://www.ott.com/es-la/productos/nivel-de-agua-86/ott-rls-290/>
- IDEAM. (2005). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/ocga/glosario>
- IDEAM. (2007). PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA. Bogotá. Obtenido de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021172/Protocolo paraelmonitoreoyseguimientodelagua.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021172/Protocolo%20para%20el%20monitoreo%20y%20seguimiento%20del%20agua.pdf)
- IDEAM. (2007). *PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA*. BOGOTÁ. Obtenido de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021172/Protocolo paraelmonitoreoyseguimientodelagua.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021172/Protocolo%20para%20el%20monitoreo%20y%20seguimiento%20del%20agua.pdf)
- IDEAM. (2014). *Hidrología*. Bogotá. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/hidrologia>
- IDEAM. (S,f). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>

- IDEAM. (S.f). *ESTACIONES DE AFORO DE CAUDALES*. Bogotá. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/012406/Cap12.pdf>
- Jorquera, E., Weber, J. F., & Reyna, S. M. [2012]. Revisión del estado del arte en la modelación hidrológica, distribuida e integrada. Obtenido de http://www.ina.gov.ar/pdf/ifrrhh/03_014_Jorquera.pdf
- Landa, R. M. [2008]. *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. SEMARNAT.
- LEY 1523 , Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (24 de 4 de 2012).
- Ley 1931 , DIRECTRICES PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO (27 de 7 de 2018).
- López-García, J., & Carvajal-Escobar, Y. y.-A. [2017]. Sistemas de alerta temprana con enfoque participativo: un desafío para la gestión del riesgo en Colombia. . *Revista Luna Azul*, 44, 231-246. DOI: 10.17151/luaz.2017.44.14., 231-246.
- Macherera M., & Chimbari M.J. [2016]. A review of studies on community based early warning systems. *Journal of Disaster Studies*. doi:10.4102/jamba.v8i1.206
- Maskrey, A. [1997]. Early Warning Programme Report on National and Local Capabilities for Early Warning. . *IDNDR Secretariat*.
- Ministerio de Educación de Panamá. [2006]. Tercera conferencia internacional sobre Alerta Temprana Titulada "del concepto a la acción". Panamá.
- Ministerio de Educación de Panamá. [2011]. *MANUAL SOBRE SISTEMAS DE ALERTAS TEMPRANAS 10 Preguntas- 10 Respuestas*. Panamá: SE. Recuperado el 21 de Junio de 2019, de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama%20MANUAL%20IN>
- Ministerio del interior y de Justicia. [2010]. *Guía de plan escolar para la gestión del riesgo*. Ministerio de Interior y Justicia. Bogotá: SE. Recuperado el 19 de Mayo de 2019, de <http://cedir.gestiondelriesgo.gov.co/dvd/archivospdf/4-GPEGRColombia.pdf>

- OMM. (2011). *Guía de prácticas hidrológicas*. Ginebra, Suiza. Obtenido de http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/publications/guide/spanish/168_Vol_I_es.pdf
- OMM. (2011). *Guía de prácticas hidrológicas* (Vol. I). Ginebra, Suiza. Obtenido de http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/publications/guide/spanish/168_Vol_I_es.pdf
- Ordoñez G, J. J. (2012). Guía Técnica del Ciclo Hidrológico. ISBN: 978-9972-602-77. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf
- PalaciosGonzález, J. R., Ramón Valencia, J. A., & Herrera, k. C. (2018). Generation of Prognostics of the State of Time for the Early Alert System of the Pamplonita River Basin. *Contemporary Engineering Sciences*, 2439 - 2447.
- Pública, D. A. (27 de Julio de 2018). ley 1931: "DIRECTRICES PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO". Bogotá D.C, Colombia. Obtenido de <http://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormat>
- Ramón Valencia , J. A., Palacios González, J. R., Santos Granados, G. R., & Ramón Valencia, J. D. (2009). Sistema de alerta temprana en eventos climáticos extremos para reducción de Desastre. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 96-104. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/337268/20793951>
- RAMÓN VALENCIA, J. (2018). SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS NORTE DE SANTANDER. (L. Opinión, Entrevistador)
- Technologies, S. A. (14 de Diciembre de 2019). *Direct Industry*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/solid-applied-technologies-ltd/product-15188-415176.html>
- UNGRD. (2012). *Líneas estratégicas y avances en priorización de zonas de intervención*. Bogotá.
- UNGRD. (2013). Guía Metodológica para la Elaboración de la Estrategia de Respuesta Municipal "Preparación para el Manejo de Emergencias y

Desastres". Bogotá. Obtenido de http://cedir.gestiondelriesgo.gov.co/dvd/archivospdf/Guia_metodologica_para_la_Estrategia_de_Respuesta_Municipal.pdf

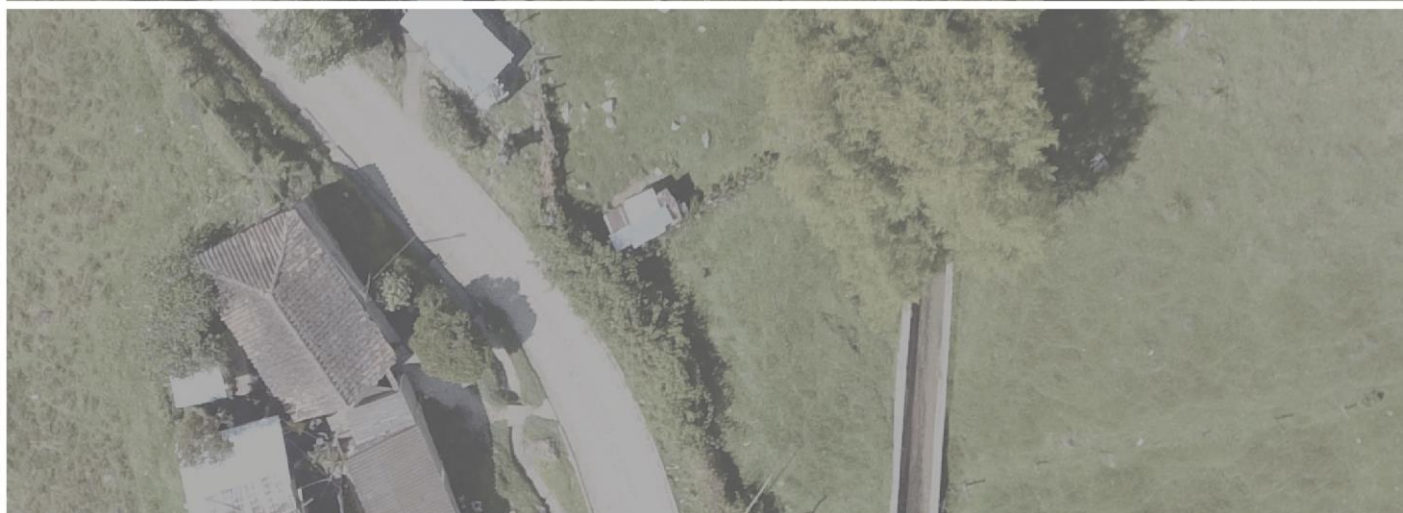
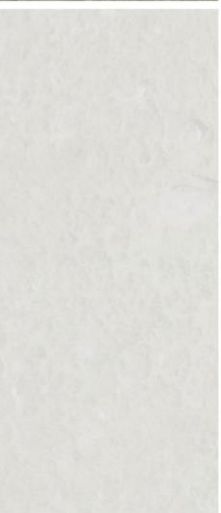
UNGRD. (2016). Guía para la implementación de Sistemas de Alerta Temprana. Obtenido de https://intranet.meta.gov.co/secciones_archivos/318-18266.pdf

UNIPAMPLONA. (2019). Sistema de Alertas Tempranas ante eventos climáticos extremos. Pamplona.

UNISDR. (2009). *Terminology on disaster risk reduction. United Nations*. Geneva, Switzerland.



AUTORES



Jacipt Alexander Ramón Valencia.



Ingeniero Químico por la Universidad Industrial de Santander UIS en 1999, magister en gestión y tratamiento del agua y Gestión Integrada Riesgos Calidad y Medio Ambiente Universidad de Alicante (España) 2003 y Doctor en Ingeniería Química por la Universidad de Murcia (España) 2004. Docente-investigador de tiempo completo asociado, adscrito al Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura: director del programa de ingeniería ambiental (2006), Director del Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo GIAAS categoría A Colciencias Coordinador de la línea de Investigación en Biotecnología Ambiental y Gestión y Tratamiento del Agua, director de la revista Ambiental Agua, Aire y Suelo y director del programa de la maestría en Ingeniería Ambiental. Par evaluador del Sistema de Aseguramiento de la Calidad en Educación Superior (SACES) y del Consejo Nacional de Acreditación (CNA) del Ministerio de Educación Nacional (MEN) (años 2008-actual), par evaluador de COLCIENCIAS y del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) desde el año 2010, Coordinador de la semana Nacional de la Ciencia, Innovación y Tecnología 2010, 2012 y 2014. Coordinador del congreso internacional del medio ambiente y desarrollo sostenible 2012, 2014 y 2016.

Master en gestión del riesgo, real academia de Madrid España, experto en Diseñar sistema de alerta temprana ante eventos climáticos extremos como medida de adaptación al cambio climático, avalado por la subdirección de reducción del Riesgo de Desastres de la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres UNGRD y los consejos departamentales de gestión del Riesgo. Director del Proyecto Diseño e implementación de Sistemas de Alerta Temprana Climatológico SATC ante evento extremos como inundaciones y sequías en el departamento de Norte de Santander. Estructurador de los planes territoriales para la gestión del riesgo de desastres con enfoque de gobernanza, cambio

climático y alertas tempranas. Consultor en la herramienta para el manejo y planificación del recurso hídrico en América Latina y el Caribe HYDROBID. Desarrollador de modelos de predicción meteorológico e hidrodinámico basado en sistemas dinámicos no lineales y series temporales y modelos numérico bidimensional hidrodinámico a partir de la correlación de variables hidráulicas e hidrológica en las fuentes hídricas. Asesor de los proyectos Desarrollo estratégico agroecológico con uso de tic para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el departamento de Norte de Santander y Boyacá. Capacitación a nivel de diplomados en sistemas de alerta temprana con enfoque de adaptación de la agricultura a la variabilidad y cambio climático. Experto en desarrollar protocolos como estrategia de preparación ante desastres través de la generación de alertas en comunidades vulnerables. Capacitación a usuarios, observadores locales y actores regionales en temas relacionados con el sistema de alertas tempranas, la variabilidad y el cambio climático, sistemas de información geográfica SIG y lectura y uso de instrumentos meteorológicos.

Derly Estefany Vera Mogollón



Ingeniera ambiental egresada de la Universidad de Pamplona (2017), candidata a Magíster en Ingeniería Ambiental (Universidad de Pamplona). Pertenece al grupo de Investigaciones Ambientales Agua, aire y Suelo de la Universidad de Pamplona, actualmente se encuentra desarrollando la investigación titulada "Modelo numérico bidimensional hidrodinámico a partir de la correlación de variables hidráulicas e hidrológica en fuentes hídricas de Norte de Santander". - Experiencia como profesional operativo encargado del lineamiento, ejecución y supervisión a nivel técnico del sistema hidrometeorológico, redes e instrumentos del Sistema de Alertas Tempranas ante inundaciones y sequías como medida de adaptación al cambio climático en el departamento Norte de Santander, Convenio interadministrativo entre la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y la Universidad de Pamplona). Profesional con conocimiento técnico para la elección de sitios de instalación, georreferenciación, realización de actividades preliminares (aforos, diagnósticos, entre otros) e instalación de estaciones hidrometeorológicas, agroclimatológicas y sistemas de alertamiento acústico, generación de documentos técnicos, entre otros. Además presenta experiencia en la asesoría de investigaciones relacionadas con sistemas de alerta temprana a nivel de pregrado universitario, desempeñándose como asesora externa y coinvestigadora.

DISEÑO DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA ANTE EVENTOS EXTREMOS DEL CLIMA.

Experiencia SATC Norte de Santander

Con Enfoque Investigativo

Jacipt Alexander Ramón |
Derly Estefany Vera Mogollón |
Doris Vanegas Vanegas

Formando **líderes** para la construcción de un nuevo **país en paz**

