

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA
ELECTRÓNICO DE MONITOREO HIDROLÓGICO EN EL RÍO DE ORO**

LIZETH PAOLA BARRERA SUÁREZ
SANDRA MILENA ROJAS CORNEJO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2006

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA
ELECTRÓNICO DE MONITOREO HIDROLÓGICO EN EL RÍO DE ORO**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Gnosis Avanzada en Ingeniería Telemática _ GAITA
*Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería
del Software - CIDLIS*

LIZETH PAOLA BARRERA SUÁREZ
SANDRA MILENA ROJAS CORNEJO

Proyecto de grado para optar al título de ingeniera electrónica

Director

MI (c). JOSÉ ALEJANDRO AMAYA PALACIO

Codirector

PhD. RICARDO LLAMOSA VILLALBA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2006

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. TEORÍA DE LA ESPECIFICACIÓN	3
1.1 SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA	8
1.2 PLANTEAMIENTO DE UNA RED HIDROLÓGICA	11
2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO (RÍO DE ORO).....	15
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	15
2.1.1 Geología	21
2.1.2 Geotecnia	21
2.1.3 Geomorfología	22
2.1.4 Meteorología	22
2.1.5 Hidrología	23
2.1.6 Hidráulica.....	24
2.2 DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DEL RÍO DE ORO	26
2.3 IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE VARIABLES.....	28
3. ANÁLISIS DE LA RED DE MONITOREO EN EL RÍO DE ORO.....	36
3.1 SITIOS DE MUESTREO	36
3.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA E HIDROLÓGICA DEL RÍO DE ORO.	42
3.2.1 Información de Precipitaciones históricas	42
3.2.2 Información de caudales	43
3.2.3 Verificación de la consistencia de los datos de las estaciones	44
3.2.3.1 Verificación de los datos de las estaciones IDEAM	44
3.2.3.2 Verificación de los datos de las estaciones CDMB:	46
3.2.4 Pruebas de datos dudosos.....	48
3.2.4.1 Resultados de la prueba para las estaciones de medición de precipitación.....	49
3.2.4.2 Resultados de la Prueba para las estaciones de medición de caudales	52
3.3 CONCLUSIONES GENERALES DEL DIAGNOSTICO DE LAS ESTACIONES DE MEDICIÓN:.....	56
3.3.1 Puntos de observación en el río.....	58
4. ESPECIFICACIONES PARA LA INSTRUMENTACIÓN	61
4.1 INSTRUMENTOS HIDROLÓGICOS Y CONDICIONES.....	62
4.2 MEDICIÓN DE LAS PRECIPITACIONES	70
4.2.1 Instalación De Pluviómetros	70
4.2.2 Aparatos Registradores	72
4.3 INSTRUMENTOS PARA MEDIR NIVEL EN UN RÍO:	74
4.3.1 De Observación Directa	74

4.3.2	Instrumentos De Registro Continuo.....	75
4.3.3	Frecuencia De Las Mediciones De Nivel.....	77
4.4	MEDICIÓN DEL CAUDAL	77
4.4.1	Aforos Líquidos	77
4.4.2	Medidores De La Velocidad Del Agua.....	78
4.4.2.1	Medición Del Caudal Con Molinete Hidrométrico.....	81
4.4.2.2	Medición Del Caudal Por El Método Del Flotador	82
4.5	ESPECIFICACIONES GENERALES DE INSTRUMENTACIÓN.....	85
5.	COMUNICACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS	88
5.1	LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	88
5.2	Ventajas y desventajas de los medios de comunicación	89
5.3	Propuestas de comunicación para las estaciones.	102
	CONCLUSIONES	112
	RECOMENDACIONES	114
	ANEXO 1. Presupuesto CDMB.....	117
	ANEXO 2. Matriz De Selección De Variables.....	121
	ANEXO 3. Mala Ubicación De Estaciones	125
	ANEXO 4. Modificación De Datos En Estaciones.....	127
	ANEXO 5. Ejemplos De Medidores De Nivel.	129
	ANEXO 6. Equipo Y Personal Requerido En Cada Tipo De Aforo	134
	ANEXO 7. APLICACIÓN: HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN.....	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las especificaciones.....	4
Tabla 2 Subcuencas del Río de Oro.....	16
Tabla 3. Principales Modelados del Río de Oro.....	25
Tabla 4. Variables generales encontradas.....	30
Tabla 5 Categorización de las variables del Río de Oro.....	31
Tabla 6. Estaciones analizadas de precipitación.....	42
Tabla 7. Estaciones analizadas de caudal.....	43
Tabla 8. Estaciones del IDEAM.....	44
Tabla 9. Estaciones CDMB de la cuenca.....	46
Tabla 10. Estaciones suministradas para la prueba.....	49
Tabla 11. Datos dudosos para la estación Gómez Niño.....	49
Tabla 12. Estaciones a comparar precipitación de las estaciones.....	50
Tabla 13. Funcionalidad de la estación de observación.....	51
Tabla 14. Comparación de la lluvia medida entre estaciones.....	51
Tabla 15. Comparación datos dudosos para estaciones cercanas.....	52
Tabla 16. Estaciones del IDEAM, para el análisis de caudal.....	52
Tabla 17. Comparación con datos de estaciones cercanas para casos dudosos IDEAM.....	53
Tabla 18. Comparación de datos de precipitación, entre estaciones cercanas.....	53
Tabla 19. Comparación de datos de caudal, entre estaciones cercanas IDEAM.....	54
Tabla 20. Estaciones con información para analizar datos dudosos CDMB.....	54
Tabla 21. Comparación entre los datos de lluvia entre estaciones. CDMB.....	55
Tabla 22. Relación entre instrumentos y estaciones de medida.....	61
Tabla 23. Equipos Para Almacenamiento Y Recepción De Datos (Pluviométricos).....	63
Tabla 24. Especificaciones para Equipos de Medición De Precipitación.....	65
Tabla 25. Especificaciones para equipos de medición de nivel.....	66
Tabla 26. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MEDIOS CABLEADOS.....	91
Tabla 27. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MEDIOS INALAMBRICOS.....	95
Tabla 28. Frecuencia de uso libre para la operación de sistemas de radiocomunicación ..	110

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Alcance de los objetivos del proyecto	7
Figura 2. Implicaciones de un sistema de alerta temprana	10
Figura 3. Planteamiento de una red hidrológica.....	12
Figura 4. Mapa de Bucaramanga, Girón y Floridablanca.....	17
Figura 5. Estructura de una cuenca.....	18
Figura 6. Esquema general de información.	20
Figura 7. Problemáticas del Río de Oro.....	26
Figura 8. Factores determinantes en análisis de estaciones.....	37
Figura 9. Componentes de un programa de evaluación de recursos hídricos.....	38
Figura 10. Mapa de la cuenca del Río de Oro, con sus estaciones de observación.	41
Figura 11. Curva de doble masa para precipitación.	45
Figura 12. Curva de doble masa para las estaciones de precipitación de la CDMB.....	47
Figura 13. Nuevas estaciones propuestas para el monitoreo.	60
Figura 14. Emplazamiento de un pluviómetro.....	72
Figura 15. Sonda luminosa.	75
Figura 16. Limnógrafo	76
Figura 17. Molinete para calcular la velocidad del agua.	79
Figura 18. Secciones y aforo para medir caudal.....	81
Figura 19. Método electromagnético para medir caudal.	85
Figura 20. Proceso de las comunicaciones.	89
Figura 21. Sistema de comunicación entre estaciones y estación central.....	98
Figura 22. Antena Wi-Fi.....	103
Figura 23. Adaptación del Mapa de la zona de interconexión inalámbrica.....	104
Figura 24. Conexión topología en estrella.	106
Figura 25. Conexión topología en anillo.	108
Figura 26. Red del SNREC.....	109
Figura 27. Transmisión de datos a la estación.	111

A Díos, por permítirme disfrutar de este momento.

A mi madre Gladys, por ser apoyo incondicional y totalmente responsable de este y todos mis logros.

A Rey, por su cariño y aportes.

A Líz, compañera de traspnocho, luchas y sueños.

A mis amigos, por la compañía y los buenos momentos durante este largo camino.

Sandra Milena

A Dios, mi guía y maestro.

A Clara mi madre: por ser amiga incondicional. Por tu ternura y tus oraciones.

A Isidro mi padre: por tu ejemplo y por luchar tanto para sacarme adelante.

A mi hermano Gerson: por ser mi compañía de juegos e infancia.

A Sandra: porque compartir sueños es empezar a hacerlos realidad.

A mis amigos y compañeros. A todos los que compartimos grandes experiencias. Gracias por dar lo mejor de sí mismos.

Lizeth Paola

RESUMEN DEL PROYECTO DE GRADO

TÍTULO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO HIDROLÓGICO EN EL RÍO DE ORO*

AUTOR(ES)

BARRERA SUÁREZ, Lizeth Paola
ROJAS CORNEJO, Sandra Milena **

PALABRAS CLAVE

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
MONITOREO
RÍO DE ORO

DESCRIPCIÓN

El objetivo general del proyecto fue especificar las condiciones preliminares para el diseño de un sistema de monitoreo en el Río de Oro el cual permita analizar el comportamiento hidrológico del mismo a través de variables críticas seleccionadas. Para alcanzar este objetivo, se realizaron acciones como: identificación y selección de variables críticas a medir, recopilación y análisis de información sobre las estaciones existentes y su ubicación en la zona de estudio, clasificación de la instrumentación necesaria para el monitoreo de las variables seleccionadas y establecimiento de las condiciones de instalación de los equipos, comparación entre los medios de transmisión y propuestas de sistemas de comunicación y simulación del comportamiento de la estación central para la adquisición y tratamiento de información.

La metodología incluyó el desarrollo individual de cada objetivo planteado en orden según las acciones presupuestadas en el plan de trabajo para las etapas de inicio, planificación, ejecución y cierre.

Se puede concluir que este trabajo:

Plantea las especificaciones técnicas de diseño de un sistema de monitoreo hidrológico. Confirma fallas existentes en las estaciones remotas de medición. Propone mejoras en la red de monitoreo existente buscando la calidad de los datos obtenidos. Estudia los medios de transmisión y elabora opciones de comunicación de los datos.

*Trabajo de grado.

**Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Ingeniería Electrónica. Director MI(c) José Alejandro Amaya

FINAL PROJECT SUMMARY

TITLE

ENGINEERING SPECIFICATIONS FOR THE DESIGN OF AN ELECTRONIC SYSTEM OF HYDROLOGICAL MEASUREMENT IN THE ORO RIVER*.

AUTHOR

BARRERA SUÁREZ, Lizeth Paola
ROJAS CORNEJO, Sandra Milena **

KEY WORDS

Specifications.
Measurement.
Oro river.

DESCRIPTION

The project's main objective was to specify the preliminary conditions for the design of a system of measurement in the Oro River which allows to analyze the hydrological behavior of himself through critics variables selected.

In order to reach this objective, actions were made like: identification and selection of critics variables to measure, compilation and analysis of information on the existing stations and their location in the zone of study, classification of the necessary instrumentation for the monitoring of the selected variables and establishment of the conditions of installation of the equipment, comparison between transmission means and proposals of communication systems and finally, simulation of the behavior of the central station for the acquisition and treatment of information.

The methodology included the individual development of each objective in sequence, according to the actions budgeted in the plan of work for the stages of beginning, planning, execution and closes.

It is possible to be concluded that this work:

It raises the engineering specifications of design of a system of hydrological measurement.

It confirms existing faults in the remote stations of measurement.

It proposes improvements in the network of existing monitoring looking for the quality of the collected data.

It studies transmission means and it elaborates options of communication of the data.

* Work of degree

** Physical-mechanical faculty. Electronic engineering. Director. MI(c) José Alejandro Amaya P

INTRODUCCIÓN

Santander ha sido fuertemente atacado por factores climáticos como la ola invernal ocurrida en febrero del año 2005 que generó finalmente el desbordamiento del Río de Oro. Además de las pérdidas humanas que son invaluable, el sector ubicado en la zona Industrial de Girón, se vio enormemente afectado por la destrucción de sus terrenos, fábricas, maquinarias y productos. El desastre que dejó a su paso el río evidencia las falencias detectadas en el momento de la inundación, como la falta de prevención y advertencia a los asentamientos humanos sobre las riberas del río.

Una solución a dicha necesidad es la construcción de un sistema de detección y alerta temprana de inundación para el Río de Oro que a su vez puede dividirse en subsistemas y actividades puntuales relacionadas con el manejo del río. Entre las más destacadas se encuentran la creación de sistemas de pronóstico y alarma, instalación, implementación y manejo de sistemas de medición meteorológica e hidrológica, implementación de redes de monitoreo, mejoramiento y recuperación de la capacidad hidráulica del cauce del río, construcción de estructuras de defensa directa contra inundaciones, reubicación de asentamientos humanos y construcciones ubicadas dentro del cauce del río, investigación destinada a predicción de inundaciones y avalanchas, elaboración y actualización de planos de amenaza de inundaciones, deslizamientos, flujos y avalanchas, programas de reforestación en la cuenca, educación ciudadana, legislación de protección del río y motivación de los líderes comunales, políticos y empresariales.

Ante la magnitud y complejidad de la construcción de un sistema como el anterior y todas las áreas que interrelaciona, es necesario abordar etapas en proyectos individuales que formen parte de dicho sistema para que dentro de pocos años puedan integrarse en la creación del sistema general. En este caso se busca generar un documento que constituya un punto de partida para futuras investigaciones e implementaciones, las cuales se espera puedan producir la información técnica necesaria para el manejo del Río de Oro.

En este proyecto se presentan especificaciones para la posterior realización de un diseño de un sistema de monitorización que permita elaborar un seguimiento real y confiable del comportamiento del río, para que con un posterior análisis de indicadores de desbordamiento por parte de las entidades ambientales y gubernamentales responsables, se establezca rápidamente las acciones a seguir y así mitigar el impacto directo del fenómeno sobre la población.

El capítulo uno presenta los principios elementales de la teoría de la especificación y sitúa al lector en el contexto de la construcción de requisitos, que ayuda a fundamentar el planteamiento del problema así como la estructuración de las soluciones planteadas. También se hace una introducción del planteamiento de red hidrológica.

En el capítulo dos se describe el escenario de estudio y sus principales características para identificar y realizar un análisis según las condiciones de la cuenca del Río de Oro, de las posibles variables a monitorizar. A partir de esto se eligen tres variables que se utilizarán para el diseño del sistema.

El capítulo tres elabora un diagnóstico de la red de monitoreo hidrológico existente para evaluar las estaciones actuales. También se establece la calidad de los datos medidos en estas estaciones. A partir de la información recolectada se elabora una propuesta de optimización de la red existente.

En el capítulo cuatro se clasifican los instrumentos de medición para cada variable seleccionada y se presentan las características principales de los instrumentos. Se evita sesgar al lector con marcas específicas; en vez de esto se establecen las condiciones y criterios generales para la instalación de equipos.

El capítulo cinco retoma las especificaciones planteadas para el diseño del sistema y busca establecer una propuesta de comunicaciones para este.

Con esto se describe el trabajo desarrollado para los objetivos propuestos y se da paso a las conclusiones y recomendaciones.

1. TEORÍA DE LA ESPECIFICACIÓN

El inicio de este documento pretende introducir al lector en los fundamentos de la especificación de requisitos para el diseño de un sistema, ya que servirá de base para fundamentar el trabajo realizado en el proyecto de grado llamado “Especificaciones Técnicas para el Diseño de un Sistema Electrónico de Monitoreo Hidrológico en el Río de Oro”.

Se empieza adaptando la definición de Especificación de Requisitos utilizada comúnmente para el diseño de software a este proyecto ya que su estructuración permite con las adecuaciones necesarias, su uso y apropiación. Por lo tanto la Especificación de Requisitos propone la elaboración de un documento que refleje los requisitos o elementos que representan la satisfacción de necesidades puntuales que el sistema debe cumplir de forma que puedan ser aplicables para diferentes opciones y repetibles tal que el sistema final cumpla con la función para la que fue diseñado.

Según las memorias del trabajo calidad de la especificación desarrollado por Antonio Monzón: Uno de los criterios básicos que permiten discernir si un requisito individual puede ser considerado “bueno” es si en su descripción se evitan los detalles de diseño e implementación específica como marcas o referencias específicas de equipos, software o valores exactos que lleven a un sesgamiento al construir el diseño, así como evitar aspectos relacionados con el proceso productivo o la gestión de proyectos.

De acuerdo con el estándar IEEE 830¹, se considera que una especificación es de “calidad” cuando se puede decir de ella que es "correcta, no-ambigua, completa, consistente, ordenada por importancia y estabilidad, verificable, modificable y trazable."

La Tabla 1 muestra la clasificación de las especificaciones:

¹ **IEEE** Recommended Practice for Software Requirements Specification. ANSI/IEEE std. **830**, 1998.

Tabla 1. Clasificación de las especificaciones.

Clase de Especificación	Descripción
Especificación correcta	Una definición clásica de corrección indica que “un conjunto de requisitos es correcto sólo si todos los requisitos contenidos representan algo que es requerido para la construcción del sistema y no hay errores que afecten al diseño”.
Especificación no-ambigua	Se considera que un requisito individual, como ítem de información, es ambiguo cuando puede ser interpretado de formas diversas por diferentes personas. Así, el estándar IEEE 830 establece que un requisito es no-ambiguo “si, y sólo si, puede estar sujeto a una única interpretación.”
Especificación completa	El estándar establece que una especificación es completa “si, y sólo si, describe todos los requisitos relevantes para el usuario, incluyendo requisitos asociados con funcionalidad, actuación, restricciones de diseño y atributos.”
Especificación consistente	Se considera que una especificación es consistente “si, y sólo si, no hay ningún subconjunto de requisitos descrito dentro de ella que esté en conflicto con cualquier otro.”
Especificación organizada	La categorización de los requisitos por orden de importancia es una excelente práctica que permite establecer prioridades a la hora de abordar el desarrollo. Otra posible categorización que resulta interesante es la de la estabilidad de la especificación. El cambio de los requisitos de usuario es algo intrínseco al propio cambio en el problema.

Especificación verificable	Se considera que una especificación es verificable “si lo son cada uno de los requisitos constituyentes”. A su vez, se considera que un requisito individual es verificable “si existe un proceso acotado (en plazo y presupuesto) que permita determinar que el sistema construido satisface lo descrito en el propio requisito”.
Especificación modificable	Se considera que una especificación es modificable “si su estructura es tal que permite realizar cambios sobre los requisitos que contiene de forma sencilla, completa y consistente, manteniendo la estructura inicial del conjunto”.
Especificación trazable	Una especificación se considera trazable si el origen de cada requisito individual está claro y existe algún mecanismo que permita seguir el impacto de dicho requisito a lo largo del resto de actividades del ciclo productivo.

* Fuente: Autoras.

Teniendo claridad sobre el concepto de especificación ahora se resaltan los requisitos, ya que estos son los que permiten hacer un adecuado planteamiento del problema a solucionar. Generalmente en un proyecto existe un proceso de captura y descubrimiento de requisitos que se realiza muy de la mano con el cliente del proyecto. Para esta caso, se pensó en los diferentes clientes a los que este va dirigido como los son la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones y la Universidad Industrial de Santander; así como los posibles futuros clientes que son las entidades gubernamentales encargadas del manejo del Río de Oro como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) y la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) para establecer las posibles necesidades de cada uno.

Otras fuentes de obtención de requisitos son los objetivos planteados para el proyecto, los conocimientos previos y los adquiridos para su realización, el alcance, el entorno físico en el que se desarrolla, es decir el Río de Oro y el marco estructural del diseño propuesto.

Un requisito debe expresar varias características y a su vez pueden ser de varios tipos. Entre las principales clases se encuentran:

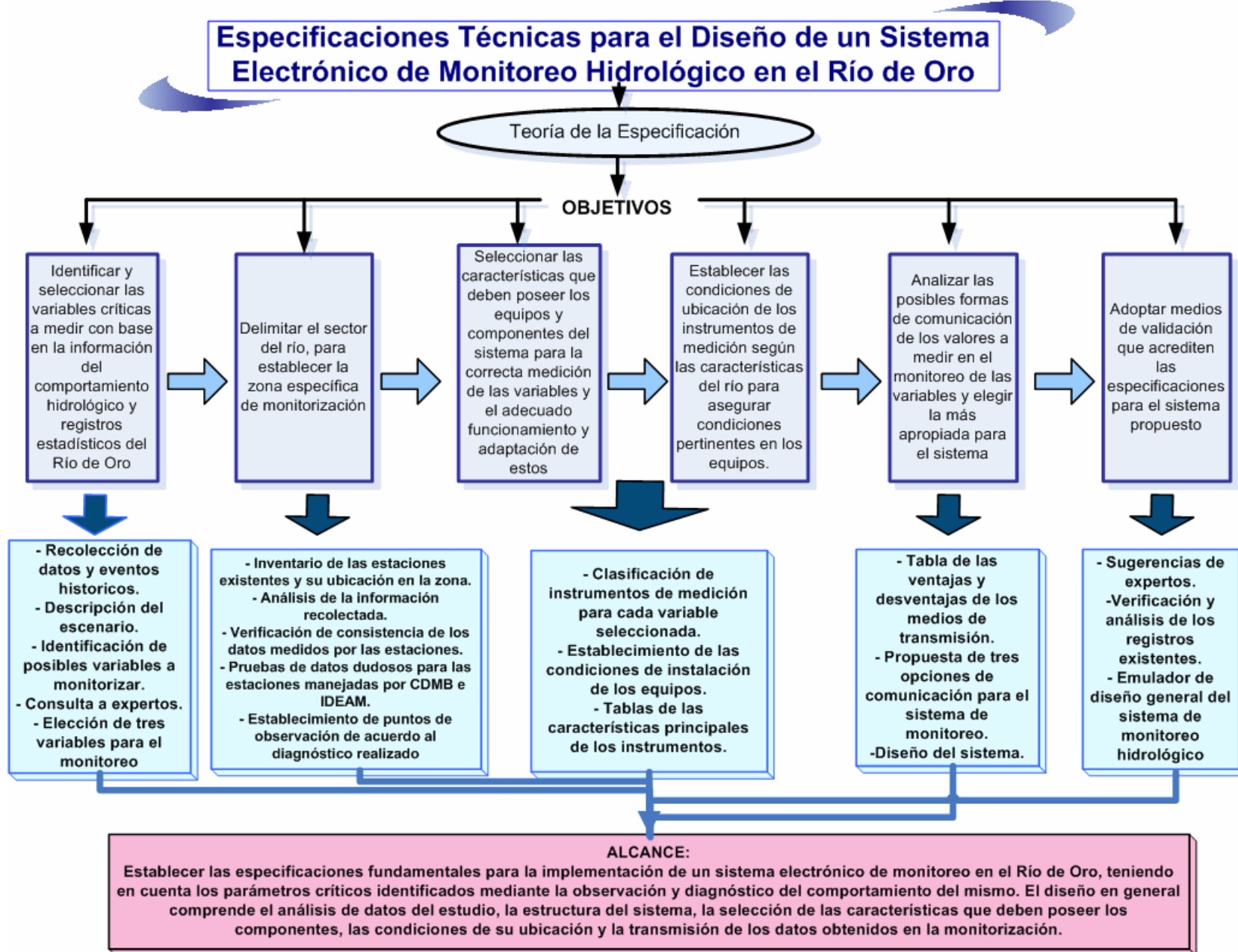
- Requisitos Funcionales o no funcionales: Criterio de funcionalidades que el sistema debe realizar. Adecuado para el fin para el que fue planteado. No funcional es una restricción sobre la funcionalidad.
- Requisitos muy generales.
- Requisitos de Implementación.
- Requisitos de Usabilidad.
- Requisitos de Rendimiento.
- Requisitos en Negativo: Dicen lo que no debe hacer el sistema.

Sin embargo como los requisitos se generan a partir de un sistema específico, hay por lo tanto muchas clases de requisitos y no es posible estandarizar la forma de escribirlos, esta depende en gran parte del autor, del usuario o cliente, del entorno, de la aplicación, etc.

Para empezar a elaborar la especificación de requisitos del diseño del sistema de monitoreo, es pertinente reconocer los objetivos planteados y analizar el trabajo realizado que se describirá a lo largo de este documento.

En la Figura 1 se presenta un mapa conceptual del desarrollo del proyecto, el cual incluye cada objetivo, las acciones realizadas para llevarlo a cabo y la relación de consecución con el siguiente, hasta que todos completan el alcance propuesto para este proyecto.

Figura 1. Alcance de los objetivos del proyecto



Teniendo en cuenta lo anterior, se empieza a desarrollar el contenido que sustenta lo que se plantea en el mapa conceptual y para cada capítulo se elaboran las especificaciones en caso de ser necesarias.

1.1 SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

Las inundaciones se han convertido en la segunda causa más frecuente de catástrofe natural afectando a más seres humanos que cualquier otro fenómeno ² y nuestro país no es ajeno a esta posibilidad, al contrario Colombia al ser rica en recursos hídricos está igualmente expuesta a las inundaciones. Sin embargo los asentamientos humanos ubicados en regiones cercanas a las riberas de los ríos incrementan el riesgo ya que se acentúa la vulnerabilidad de la población ante un evento de precipitación exagerada que genere desbordamiento del río.

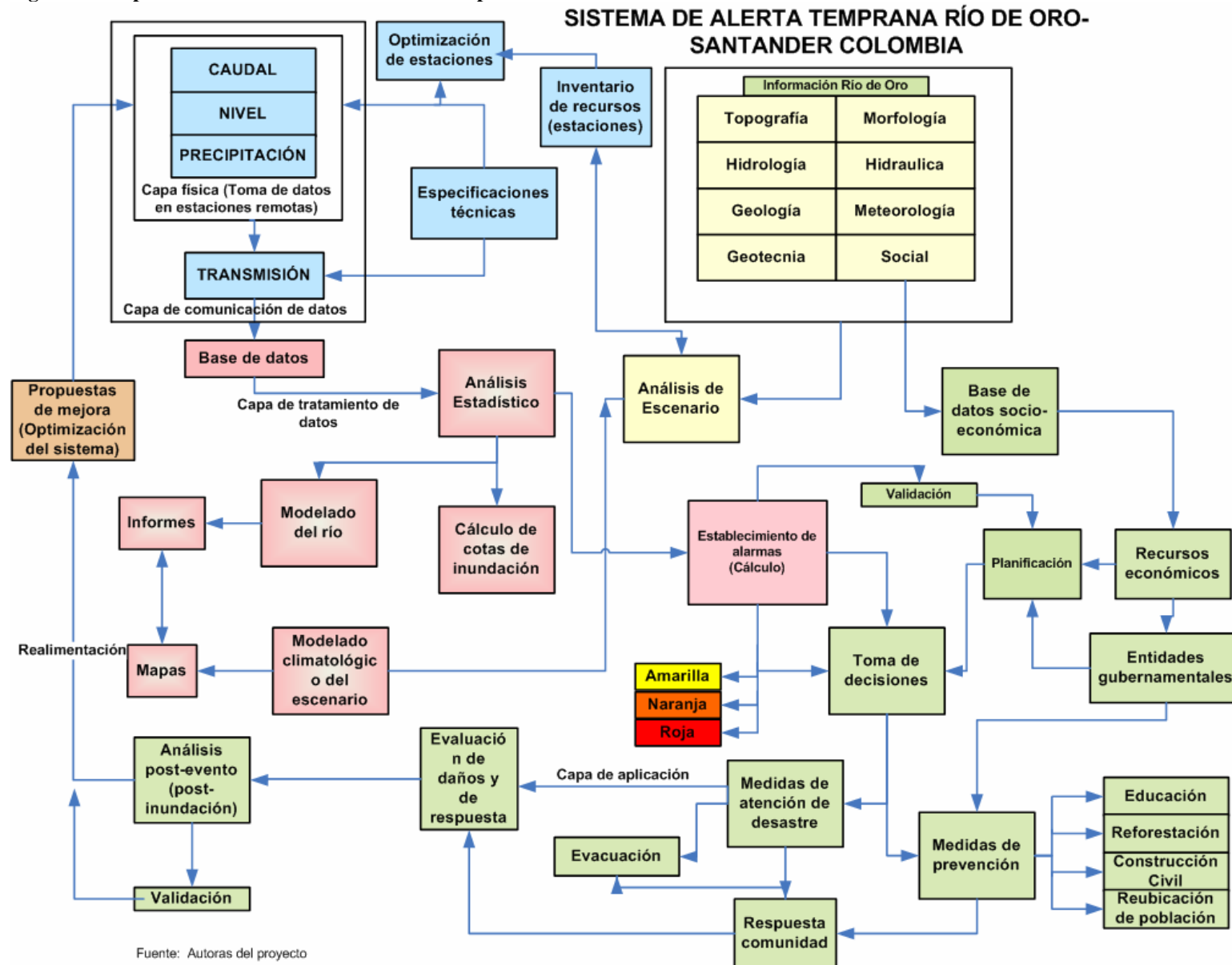
Evitar un desastre natural es prácticamente imposible para el hombre a pesar de los avances tecnológicos desarrollados. Lo que actualmente se ha logrado es el monitoreo de fenómenos que permite cierto grado de anticipación al evento a ocurrir, según las características del sistema implementado para este fin y la fuerza de la naturaleza. La ingeniería es entonces la encargada de proponer e implementar soluciones de este tipo pensando en desarrollo e innovación tecnológica, sin olvidarse del trasfondo social y la enorme responsabilidad de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos.

Tales sistemas benefician a las comunidades que enfrentan situaciones de alto riesgo porque justifican y fundamentan el desarrollo de adecuados planes de prevención, contingencia y manejo de desastres mitigando el impacto local que pueda ocasionarse. A su vez permiten observar el comportamiento del fenómeno para identificar patrones comunes y hacer predicciones que orienten el accionar en general de todos los involucrados.

² Tomado del documento Agua, Saneamiento y Salud de la Organización Mundial de la Salud OMS www.who.int/water_sanitation_health/2005advocguide/es/index5.html.

Un sistema de alerta temprana está conformado por redes de monitoreo hidrológico, sistemas de pronóstico y alarmas, sistemas de medición meteorológica, planes de mitigación de riesgos, estrategias de recuperación del río y los sectores aledaños, educación de la población, creación de planos de amenazas, construcción de estructuras de apoyo, reubicación de asentamientos humanos cercanos a las laderas del río, apoyo a la investigación relacionada con el estudio del río y predicción de fenómenos, campañas de reforestación, legislación de protección al río y generación de recursos para actividades relacionadas con todo lo anterior. A continuación se muestra un esquema de un sistema de alerta temprana para el Río de Oro (Fig. 2.) señalando que la competencia de este proyecto es lo marcado en color celeste puesto que es la etapa inicial del proceso.

Figura 2. Implicaciones de un sistema de alerta temprana



Como se puede observar el sistema propone la integración de todos los entes involucrados. Sin embargo la envergadura de un sistema de tal magnitud propone retos interesantes como la integración multidisciplinaria que conlleva la solución, ya que abarca conocimientos de hidrología, ingeniería electrónica, ingeniería civil, ingeniería ambiental, estadística, informática, redes de computadores, medios de transmisión, instrumentación electrónica, trabajo social, gestión de proyectos, etc.; además de una responsabilidad social ineludible.

Los sistemas de alerta temprana completos no existen en muchos sectores y es difícil su construcción porque implica un proceso de varios años empezando por la caracterización adecuada del río para construir un modelo que fundamente el sistema. Por consiguiente para la puesta en marcha de este, debe iniciarse con la adquisición de datos confiables que permitan la construcción de un modelo que por lo menos caracterice el comportamiento del río en ciertas situaciones. Para este fin es necesario la implementación de sistemas de monitoreo, la constante optimización de las redes de monitoreo hidrológico existentes y el tratamiento de datos derivados de las mediciones hechas por este, que permitan un pronóstico que fundamente la toma de decisiones.

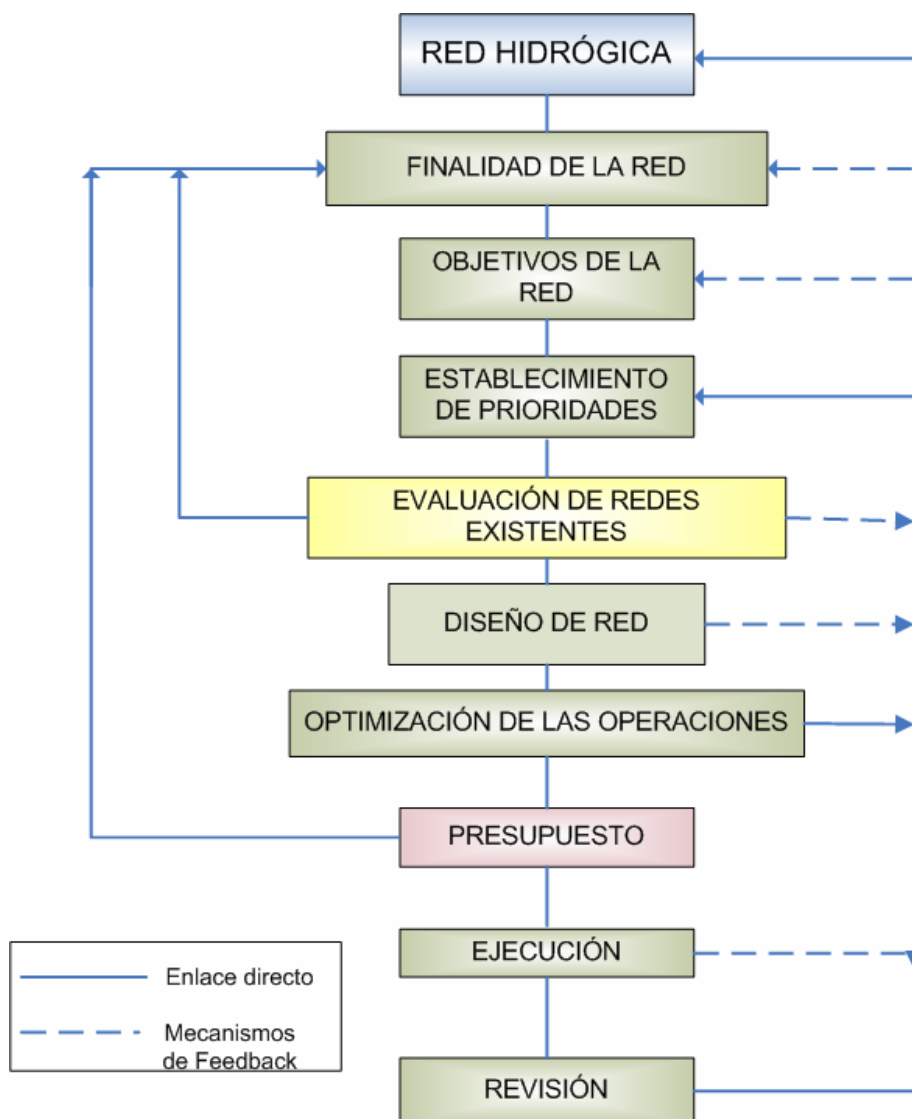
Sin embargo un sistema de monitoreo no siempre es efectivo ya que existen dificultades a nivel de recursos económicos en algunos sitios para adquirir la nueva tecnología y esta necesidad se suple utilizando equipos rudimentarios que no son ciento por ciento confiables. El otro problema es la falta de coordinación entre entidades encargadas de las estaciones de monitoreo que impide cotejar todos los datos y analizar la situación de una región completa y no sectorizada. La capacitación del personal que manejará los equipos se hace necesaria para la toma correcta de mediciones y fallas provocadas en parte por la misma naturaleza o por el hombre como lluvias torrenciales, falta de energía, derrumbes, robos, etc. van desvertebrando poco a poco las redes de sensores.

1.2 PLANTEAMIENTO DE UNA RED HIDROLÓGICA

Una red Hidrológica como es el caso que plantea este proyecto, se fundamenta en el siguiente esquema Fig.3. , sin embargo cabe resaltar que el diseño de la red corresponde

a un marco conceptual, pues en el momento de la ejecución se requiere conceptos actuales a nivel tecnológico y detallado de sus componentes individuales; y corresponde al encargado del diseño e implementación del proyecto la elección de estos dispositivos.

Figura 3. Planteamiento de una red hidrológica.



*Fuente: Adaptado de guía De Prácticas hidrológicas [1]

- **Finalidad de la red:** la finalidad de la red es obtener datos fiables que permitan caracterizar el Río de Oro, y de esta forma conocer su comportamiento natural con

la observación de la información histórica obtenida. El propósito fundamental de la fiabilidad y recolección de datos es la identificación de las medidas normales y extremas para la modelación del río. Es necesario tener datos verídicos por un tiempo prudencialmente largo, para reconocer las medidas normales en el río para el posterior establecimiento de un sistema de alerta temprana.

- **Objetivos de la red:** medir las variables que más repercuten en la naturaleza del Río de Oro, para permitir la finalidad de la red.
- **Establecimiento de prioridades:** el primer paso para alcanzar la finalidad de la red es el sistema de medición de variables, para esto se debe escoger que tipos de variables son las más representativas y como deben medirse.
- **Evaluación de redes existentes:** La información de las redes existentes debe ser compilada e interpretada para determinar si la red logra el objetivo. Esto podría incluir comparaciones entre las estaciones de medida dentro de la misma red.
- **Diseño de red:** es establecer si las estaciones existentes son suficientes para cumplir el objetivo, e identificar nuevos sitios de muestreo, base para definir las condiciones de medición y de adquisición de datos.
- **Optimización de las operaciones:** Éstos incluyen los tipos de instrumentos, la frecuencia de observación de medida en las estaciones y la organización del trabajo y de la red existente.
- **Presupuesto:** el presupuesto para una implementación, es principalmente dado por los organismos regionales de defensa; el aporte más reciente es el dado mediante la Resolución Número 1185 de 2 – JUN 2005 – el cual establece: Que la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB-mediante oficios N°s. 07540 y 08092 del 14 y 20 de abril de 2005 respectivamente, solicitó al Ministerio de Hacienda y Crédito Público autorización para celebrar empréstitos internos hasta por la suma de DIEZ MIL QUINIENTOS

MILLONES DE PESOS (\$10.500.000.000.00) moneda legal colombiana, destinados a financiar la ejecución de las obras prioritarias de protección contra inundaciones en los márgenes del Río de Oro en los Municipios de Bucaramanga y Girón, Departamento de Santander (*Ver anexo 1.*).

- **Ejecución:** merece una planificación estratégica para su implementación al igual que el establecimiento detallado de los componentes necesarios y el presupuesto para su construcción.
- **Revisión de la red:** los componentes son variables en el tiempo, una revisión puede requerirse por la modificación de cualquier componente de la red, usos de los datos o cambios en el presupuesto. Para poder enfrentarse a dichos cambios, es esencial un proceso de revisión continuo.

Como primer paso para el diseño de la red de monitoreo hidrológico tenemos que identificar las condiciones de la zona, para sustentar correctamente la finalidad y el objetivo de la red.

En el transcurso de los próximos capítulos, se identificarán las variables críticas en la problemática del Río de Oro y se planteará una alternativa de solución y optimización a los recursos existentes de monitorización.

2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO (RÍO DE ORO)

Actualmente la región de Bucaramanga y su área metropolitana no cuenta con sistemas de monitoreo electrónico que permitan predecir o estudiar estrictamente el comportamiento hidrológico del Río de Oro de manera fiable. Debido en parte a la información confusa existente se hace complejo establecer todas las normas y especificaciones necesarias para la implementación de estos sistemas a pesar de los beneficios que conlleven. Como punto inicial de desarrollo de esta problemática, este capítulo hace referencia a dos aspectos fundamentales: la descripción general del escenario de estudio, es decir, la ubicación geográfica del Río de Oro, su problemática y características y un segundo aspecto que elabora un análisis de las posibles variables hidrológicas a monitorear según las condiciones de la cuenca.

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La Cuenca del Río de Oro hace parte de la cuenca superior del río Lebrija (CSRL) y comprende las subcuencas hidrográficas de los ríos de Oro (*Alto, Medio y Bajo*), Frío y Lato. Se ubica al nororiente del departamento de Santander, sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental, entre las coordenadas 6 55' y 7 27' de latitud norte, y 72 51' y 73 18' de longitud al oeste de Greenwich. Tiene área aproximada de 585.000 Km². (cerca del 45% del área de la CSRL) distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 2 Subcuencas del Río de Oro

Subcuenca	Área (km ²)	Rangos de pendientes
Cuenca alta del Río de Oro, arriba de Piedecuesta	143	%3 - Hasta mas del 100%
Cuenca media del Río de Oro entre Piedecuesta y Bahondo	169	0% - 75%
Cuenca baja del Río de Oro entre Bahondo y Café Madrid	89	3% - 75%

*Fuentes: Autoras del proyecto.

El Río de Oro emerge con la unión de pequeños nacimientos de agua de las quebrada El Rasgón, La Lamosa y La Maquinaria en el páramo de Santurbán, mejor conocido como Berlín, alcanzando alturas desde 3800 m.s.n.m (punto más alto) en el Alto El Picacho hasta descender a 600 m.s.n.m (altura del punto más bajo) en el sector de la confluencia con el río Suratá. Limita al oriente con las cuencas del río Manco y el Jordán, al norte con la subcuenca del río Suratá y la microcuenca del río Tona, afluente del anterior. Al sur occidente con la subcuenca del río Sogamoso y al occidente con la microcuenca de la quebrada la Angula. [2]

Dentro de esta cuenca tal como se aprecia en el siguiente mapa (*figura 4*), se ubica el área metropolitana de Bucaramanga que está conformada por los municipios de Bucaramanga (contiene 5.031 Has del río), Floridablanca (con 11.408 Has del río), Piedecuesta (con 23.283 Has del río) y Girón (con 17.901 Has del río) que a su vez aprovechan la proximidad con la cuenca para hacer descargas de sus sistemas de alcantarillado y vertimientos del área agroindustrial de Girón. El río de Oro también pasa por el municipio de Tona (con 877 Has de área).

Figura 4. Mapa de Bucaramanga, Girón y Floridablanca.

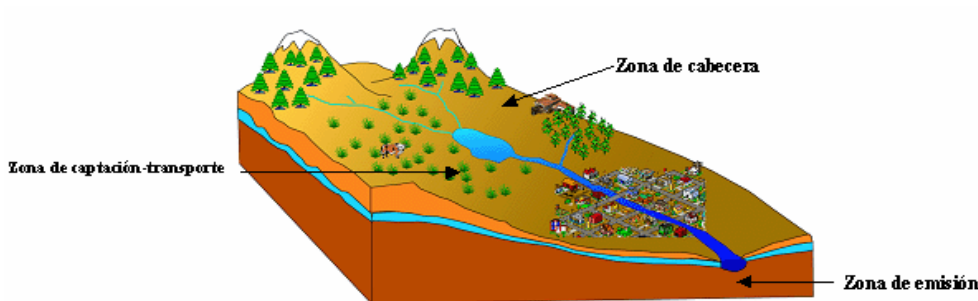


*Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2002.

Una cuenca es una zona geográfica (superficial y subterránea) generalmente limitada por la topografía del terreno por donde fluyen arroyos y ríos hacia un cauce que actúa como colector común natural formando un volumen de control similar a un cilindro y por el cual el agua lluvia es drenada fácilmente hacia uno de los extremos.

La figura 5 muestra la estructura de una cuenca.

Figura 5. Estructura de una cuenca.



*Fuente: <http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/conceptos.html#B>

La cuenca hidrológica se divide en tres zonas de funcionamiento hídrico principales así, la primera es la cabecera encargada de garantizar la captación inicial y el suministro constante de las zonas bajas durante todo el año. La segunda zona es la de captación-transporte en donde se agrupa el flujo para ser encausado por una fuente hídrica, generalmente una quebrada y la zona de emisión donde se entrega el agua a los ríos principales para ser llevada hasta los acuíferos finales como lagos, lagunas y océanos entre otros.

Como características principales la cuenca del Río de Oro presenta pendientes fuertes y pronunciadas debido al relieve montañoso en el sector nororiental contrastado con una topografía más suave aunque erosionada en la zona sur occidental. Prueba de esto son los cambios bruscos de pendiente en la zona norte del área metropolitana de B/manga y la baja pendiente del valle del Río de Oro. La temperatura media es de 18 °C y la altura media es 1735 msnm. Cuenta con variedad de microclimas en parte debido al sistema montañoso siendo la precipitación media anual de acuerdo a la distribución de isoyetas, de 1475 mm.

La calidad de agua es deficiente especialmente en los sectores aledaños a poblaciones humanas y zonas industriales por las excesivas descargas de sedimentos y la deforestación.

El 50 % del área se encuentra dentro del piso premontano o clima medio, el 35 % se ubica dentro de la vida de bosque húmedo premontano, y el 15 % dentro de la zona de vida de bosque húmedo montano bajo. [3]

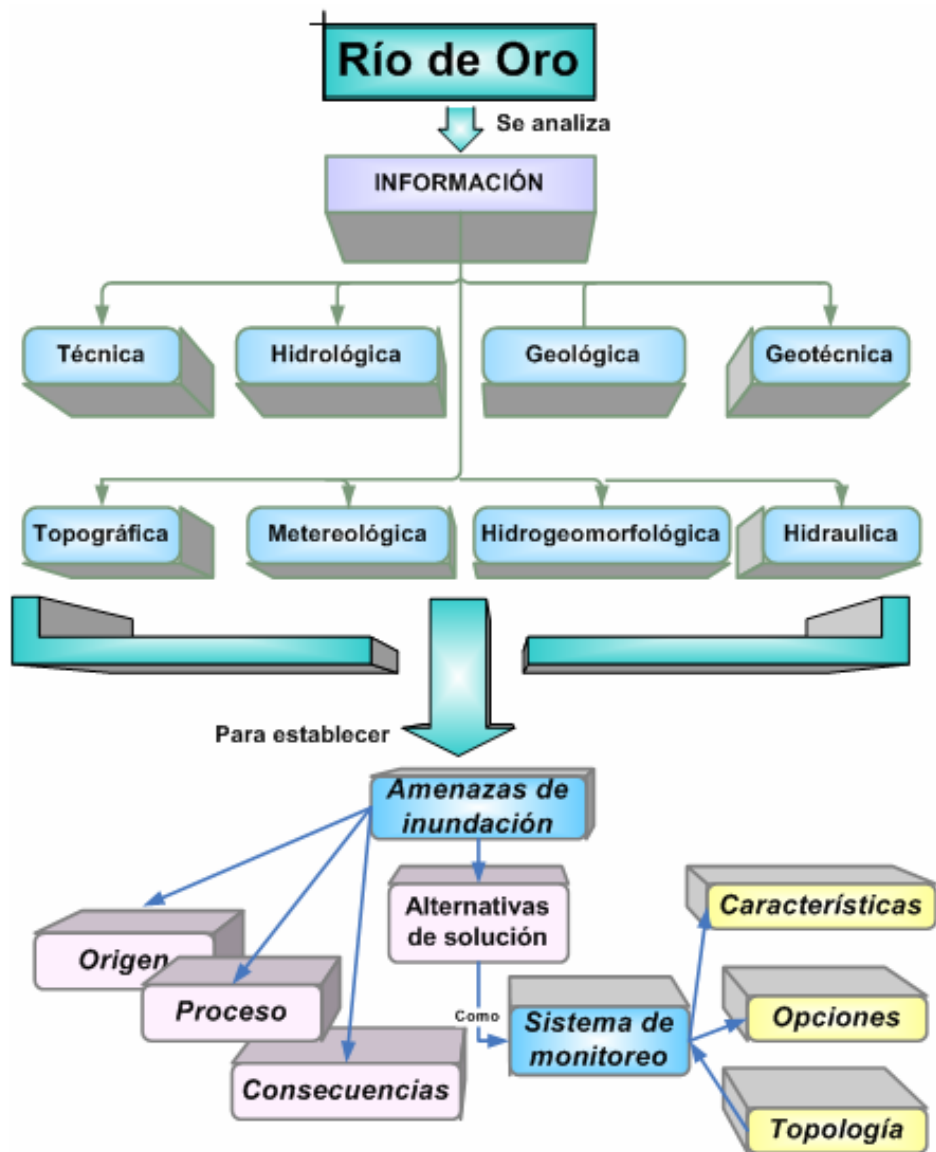
Aguas abajo de Piedecuesta, el Río de Oro recibe a la Quebrada Grande, a la quebrada Soratá y el río Lato. En Girón recibe al río Frío, las quebradas la Iglesia, Chimitá y las corrientes de la escarpa de Bucaramanga.

Se han realizado modificaciones estructurales en los sectores de Arenales, Parque Gallineral, Malecón y el Poblado buscando disminuir el riesgo de inundación para asentamientos humanos en las riberas del río. Como consecuencia el área de sección disponible del cauce fue disminuida en promedio en más de 50% no siendo suficiente para soportar el paso de cauces extraordinarios.

Las quebradas asociadas al río de Oro son: La Gloria, Chapinero, La Picha, Dos Aguas. Las Navas, Argelia, Merino, Caño Rosita, Cuyamita, Seca, La Joya, La Rosita, Chimitá, Angulito, Los Espinos, El Salado, San Antonio, Las Cañas, Guaduas, Ruitoque, El Limón, El Guamo, El Carrasco, Bellavista (Monterredondo), El Bueno, Chocóa, La Potrera, La Represa, La Hoya, La Angelina, El Mamón, Chiquita, Cuellar, El Fical (Valdivieso), La Laja, La Paya, El Calzo.

El siguiente esquema (Figura 6) enuncia algunos de los factores más importantes que ayudan a caracterizar el escenario de estudio específico, es decir, el Río de Oro.

Figura 6. Esquema general de información.



*Fuente: Autoras del proyecto.

A continuación se describen brevemente algunos de los factores nombrados en el cuadro anterior.

2.1.1 Geología

La falla Río de Oro controla el alineamiento del río entre Centro Abastos y Parque Industrial en Girón mientras que el sistema de fallas del río Suárez actúa de igual forma para el resto del río. Cuenta como unidades geológicas a la Formación de Bocas, la Formación de Girón y la Formación Miembro Órganos.

Como base principal del cauce entre Bahondo y Parque Industrial el río cuenta con el manto inferior de la formación Órganos pero es controlado principalmente por el afloramiento de roca de la formación Girón. En el manto superior de la formación Órganos debido a la erosión hay riesgo latente de flujos sub-superficiales y deslizamientos. Otro peligro inminente ante precipitaciones fuertes son algunas obstrucciones como muros y los múltiples rellenos sobre el cauce antiguo del río en las zonas de Las Marías, Arenales, la vía a Zapatoca, la ladrillera Ergos, Trefilco, Santa Cruz, la plaza de mercado, Rincón de Girón, Castilla Real, Nacional La Isla, Puente de Flandes (Palenque), San Antonio del Carrizal, Convivir, José Antonio Galán, Parque Industrial, Incubadora de Santander, etc.

2.1.2 Geotecnia

Los suelos de las planicies de inundación en el valle del Río de Oro están compuestos de arenas gravas que son muy permeables permitiendo infiltración y acumulación de abundante agua. Los suelos del fondo del río entre Bahondo y Café Madrid son duros, poco permeables y resistentes. El aislamiento a cada lado de las cañadas es mínimo para los cauces principales. Es común la presencia de paleocanales del cauce original del río en las planicies de inundación siendo los principales entre Arenales y Villa Campestre, al oriente del Rincón de Girón, al oriente de Centro-Abastos y cerca al Sena, a lo que comúnmente se responde con rellenos como el de la zona del Poblado.

Avalanchas anteriores de las quebradas Angulito y Valdivieso dejaron a su paso mantos de limos blandos en Castilla Real y Rincón de Girón, así como detritos en el suelo que pueden convertirse en flujos torrenciales potencialmente peligrosos. Sin embargo, las principales amenazas que incrementan los efectos de un desbordamiento del río son la

presencia de avalanchas, flujos y deslizamientos (especialmente en la Formación Órganos) producto común de la erosión lateral de las riberas del río que junto al flujo de lodo y lluvias fuertes dañan la cohesión del suelo formando crecientes rápidas de consistencia barrosa que pueden desembocar en avalanchas con posterior destrucción de viviendas, estructuras y áreas de cultivo y en bloqueos de vías de comunicación como en el caso de la carretera principal; lo que a su vez produce escombros en el lecho del río reiniciando o repotenciando nuevamente el anterior ciclo.

Las características de infiltración del suelo varían según la formación geológica.

2.1.3 Geomorfología

El Río de Oro es relativamente estable, de cauce semitrenzado con curvas alternadas y erosión lateral. Tiene islas pequeñas no permanentes controladas por afloramientos de roca. A través de los años se han hecho cambios a su morfología original siendo los más relevantes el desvío hacia la derecha (1973) frente al Poblado y relleno total del cauce en esa zona. La disminución de hasta el 50% del ancho del río en algunos sectores por medio de rellenos que hacen que este no sea suficiente para soportar un evento de precipitación y crecientes significativas (como las de febrero de 2005) y que el río antiguo hubiera soportado. La construcción de puentes y muros laterales con luz insuficiente para el paso de crecientes. Entre las principales obstrucciones se cuentan los puentes El Palenque (Flandes), Fonseca, Lenguerke y Nariño, la batea junto al malecón de Girón y el relleno mencionado anteriormente. Dichas obstrucciones contribuyeron al cambio en la dinámica del río.

2.1.4 Meteorología

La Sierra Nevada del Cocuy y la cordillera Oriental controlan el clima en Bucaramanga y las zonas aledañas ya que interceptan las nubes provenientes de occidente y oriente produciendo choques entre ellas, además cambian la circulación de los frentes climáticos y concentran el calor irradiado por la superficie de las montañas. El Río de Oro y la región en general se rigen por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) que se forma gracias

al ciclo anual de temperaturas superficiales y a los vientos alisios. Según la ubicación de la ZCI se determina el régimen normal de precipitaciones bimodal ya que este suele transitar dos veces sobre el territorio nacional.

Debido al doble paso de la ZCI sobre la parte central de Colombia se presentan dos periodos secos entre diciembre-febrero y junio-agosto y dos periodos lluviosos entre abril-mayo y septiembre-noviembre

En Bucaramanga al pasar la ZCI generalmente en abril y noviembre el clima experimenta lluvias y frentes nubosos así como vientos fríos en octubre provenientes de Norteamérica. Otro fenómeno importante es la intersección de clusters por la cordillera Oriental provenientes de Brasil que al ascender originan precipitaciones en la parte superior de la cordillera (La Galvicia y la Mariana) generando en gran parte los caudales del Río de Oro y de represas y acueductos de la región.

Entre diciembre y marzo se experimenta temporada seca y es común la presencia de una zona de alta presión, sin embargo pueden aparecer frentes fríos del noreste que traen consigo lluvias esporádicas especialmente en zonas calientes como Girón.

2.1.5 Hidrología

Los registros históricos muestran mayor pluviosidad entre el periodo de septiembre-noviembre con cumbre en el mes de octubre (excepto en la zona del Picacho y La Mariana que reconoce a mayo) con 140mm al año. Por otra parte enero es estadísticamente el mes más seco en la parte oriental de la cuenca con 55mm aproximadamente mientras diciembre lo es en la meseta, parte baja y occidental de la cuenca del Río de Oro.

A su vez La Galvicia es reconocida como la zona de mayor pluviosidad anual en la cuenca registrando 2000mm, en contraste con Llanogrande que es la zona de menor pluviosidad y se ubica en la parte baja registrando 1000mm. En general, en la cuenca se precipitan 1250mm al año en promedio y febrero se considera históricamente como el

mes con mayores precipitaciones en un día y estas son regularmente más fuertes en la parte baja del río, el municipio de Girón.

Al sumar efectos de los frentes fríos, de la ZCI y registros históricos del Río de Oro, se predice que puede ocurrir una inundación en zonas urbanas de Girón y Bucaramanga aproximadamente veinte veces en un periodo de cien años las cuales tres o cuatro son potencialmente desastrosas.³(Geotecnología)

2.1.6 Hidráulica

La caracterización hidráulica existente para la zona de estudio se ha hecho en base a modelos de las líneas de amenaza de inundación y de eventos de precipitación fuertes que han desencadenado desastres. Sin embargo cabe destacar que la información utilizada para estas modelaciones no es confiable debido a los problemas asociados al sistema de medición pasado y actual de la cuenca y por lo tanto no se puede asegurar que el comportamiento del río obtenido de las modelaciones sea real en condiciones como las planteadas para su cálculo.

Cao y Carling (2002) expresan que: “los modelos matemáticos para ríos aluviales son en el mejor de los casos imprecisos y en el peor de los casos inválidos”.⁴

De ahí radica la importancia de la confiabilidad de los datos obtenidos y toda la información que puede extraerse de su análisis.

A continuación se presenta una tabla donde se realiza un resumen de los principales modelados hechos al río de Oro ya que a pesar de las observaciones expresadas anteriormente, son el único punto de partida para un trabajo de esta envergadura.

³ GEOTECNOLOGÍA Ltda. Diagnóstico de las amenazas de inundación y Erosión en el río de oro. 2005

⁴ Ibid.

Tabla 3. Principales Modelados del Río de Oro.

Modelación	Año	Metodología utilizada	Rugosidad	Valor de n de Manning usado	Caudal (m ³ /seg)		Periodo de retorno
					En Bahondo	En Café Madrid	
Ing. Jaime Roa	1993	Distribución estadística de caudales y cálculo de niveles con la fórmula de Manning.	0.045 a 0.06	0.045 a 0.06	380	470	50 años
Gradex	1999	Análisis regional de frecuencia de caudales, modelo unidimensional HEC-RAS para cálculo de niveles de inundación.	0,045	0,045	177	300	100 años
Ing. Elizabeth Ramírez	2002	Análisis regional de frecuencia de caudales, modelo unidimensional HEC-RAS para cálculo de niveles de inundación.	0,04 a 0,05	0,043	201,34	222,22	100 años
Consortio Río de Oro	2003	Distribución estadística de caudales. Modelo unidimensional HEC-RAS para cálculo de niveles de inundación	0,05 en el canal y 0,07 en planos	0.04 a 0.07	236,08	250,65	100 años
Geotecnología tda..	2005	Modelo unidimensional HEC-RAS flujo permanente para cálculo de niveles de inundación.	0.05	0.045	400.8	828.0	100 años

*Fuente: Autoras del proyecto.

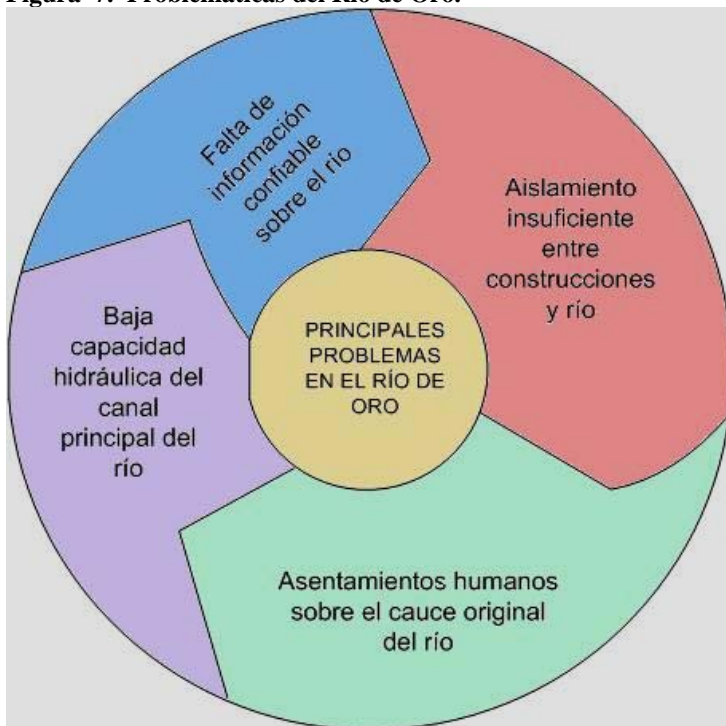
Como conclusión del análisis de estos estudios se tiene que el más cercano al comportamiento real del Río de Oro es el realizado por el Ing. Jaime Roa en 1993, a pesar de haberse realizado con cálculos de forma manual ya que no existía software especializado que facilitara este trabajo. Todos los modelados siguientes contaron con mayor ayuda informática, sin embargo sus resultados no confirman superioridad ni exactitud.

2.2 **DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DEL RÍO DE ORO**

Como conclusión general de los estudios, registros históricos y modelaciones hechas al Río de Oro se obtiene que es muy susceptible a que se generen ocasionalmente eventos lluviosos e inundaciones de gran magnitud [4].

Los principales problemas detectados se presentan gráficamente en la figura 7 donde se destaca la continuidad y relación directa entre las diferentes problemáticas presentadas en el Río de Oro:

Figura 7. Problemáticas del Río de Oro.



*Fuente: Autoras del proyecto.

- Falta de información confiable sobre el río: No han existido, ni existen estaciones confiables para medir los caudales de las crecientes máximas del Río de Oro.⁵ Esta afirmación será comprobada en capítulos siguientes, sin embargo se puede decir que la información obtenida de las estaciones de Café Madrid, Bahondo y Puente Nariño no permite realizar un pronóstico certero acerca del comportamiento hidrológico del Río de Oro ni sobre la magnitud de la corriente en eventos extremos de precipitación.
- Aislamiento insuficiente entre construcciones y el río: La información utilizada para planeación urbana es la anterior, lo que permite concluir que al ser confusa, inexacta y escasa, no brindó las bases suficientes para determinar adecuadamente zonas urbanizables. Ante las inminentes construcciones las medidas tomadas fueron: la elaboración de muros entre conjuntos y el río, insuficientes para detener o resistir inundaciones importantes y la colocación de rellenos sobre el cauce del río lo que disminuye su capacidad hidráulica.
- Asentamientos humanos sobre el cauce original: al rellenar el cauce natural del río de Oro y debido a los problemas anteriores que generaron malas proyecciones se construyeron muchos barrios en las riberas del Río de Oro siendo estos los más perjudicados ante una inundación pues el río siempre trata de retomar su cauce original produciendo irreparables pérdidas humanas y materiales.
- Baja capacidad hidráulica del canal principal del Río de Oro: La capacidad hidráulica del río debido a rellenos en algunos sectores y a construcciones como puentes y obstrucciones ha disminuido hasta el 50% de su ancho original en algunas zonas. El curso natural del río fue desviado a la derecha en 1973 frente al poblado y el cauce anterior se rellenó totalmente para realizar varios barrios.

Luego de analizar las características y el estado actual del Río de Oro; se está en capacidad de abordar la identificación de las variables fundamentales y su posterior selección.

⁵ Ibid.

2.3 IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE VARIABLES

Teniendo pleno conocimiento del escenario donde se desenvuelve el proyecto es posible identificar las variables involucradas en un proceso de inundación y realizar un análisis que determine cuáles de estas son las más indicadas para ser medidas en el sistema. Sin embargo, a manera de información general se contextualiza este trabajo de grado dentro de los tipos de investigación reconocidos.

A partir del análisis de los objetivos y el alcance proyectado, se obtiene ubicación de este proyecto dentro de la investigación descriptiva. Esta clase de investigación estudia un fenómeno definiendo claramente su caracterización y propiedades para identificar las variables incluidas en él y establecer una visión que solucione necesidades o problemas y vislumbre explicaciones del fenómeno dentro de un argumento científico y un proceso investigativo.

La investigación descriptiva se caracteriza por el conocimiento, comprensión, análisis, síntesis y posterior verificación de la suposición o hipótesis. Tiene dos características típicas:

- La observación trasciende al simple “ver” físico, en ella el investigador ubica al fenómeno en un contexto teórico, que permite explicar su esencia y su forma, con un propósito definido.
- “Descubre” los hechos y los interpreta por medio de la caracterización de leyes, principios y teorías científicas, mezcladas en muchas oportunidades con valores culturales que hacen al fenómeno asequible a un grupo social con fines de aprendizaje, o como base para una posterior investigación.⁶

Sabiendo la importancia de las variables, estas se definen como una característica no uniforme que puede ser medida y según como se observe puede variar su valor en diferentes casos.

⁶ El proceso de la Investigación 1. Planeación. Pg 29

La investigación realizada en torno al río de Oro, como base fundamental para este trabajo, recopila datos de diversas fuentes para tratar de efectuar un pronóstico adecuado que permita proyectar el comportamiento de las variables implicadas. Esta información detallada generará respuestas a la problemática creada a raíz de la inundación de los sectores aledaños al río, siendo estas consideradas como hipótesis de este proceso científico.

Para este proyecto se elabora el diseño de un sistema de monitoreo adaptado a las condiciones regionales y se busca el desarrollo de nuevos proyectos derivados de esta investigación que den paso a la puesta en marcha del sistema y el posterior análisis del pronóstico generado del tratamiento de los valores obtenidos por el monitoreo, planes de contingencia y acopio ante desastres, control y supervisión confiable de las variables si es posible, sistemas de alertas, medidas preventivas a nivel asistencialista que se proyecten para la comunidad fruto de los resultados del sistema, etc.

El estudio de las variables asociadas al proyecto tiene como propósito establecer las que mayor influencia tienen sobre el evento de desbordamiento del río, así como identificar posibles nexos de dependencia o correlación entre ellas o si su relación es aleatoria y ocasional o de causa-efecto o si son controlables para así caracterizar en parte el fenómeno de inundación y el comportamiento futuro de estas variables. Para esto primero se investiga en la teoría hidrológica sobre las variables involucradas, se listan las más relacionadas con el entorno del Río de Oro y se recolectan antecedentes sobre la medición de estas variables si los hay.

En este caso se obtuvo un listado inicial de 16 variables que son mostradas en la tabla 4 y que es necesario acotar ya que el sistema de monitoreo hidrológico está definido para la medición de tres variables.

Tabla 4. Variables generales encontradas.

Listado inicial de variables			
Flujo de agua	Caudal	Velocidad de la corriente	Precipitación
Nivel de agua	Nivel del flujo de lodo	Escorrentía	Área de la zona
Corriente de agua	Forma de la corriente	Profundidad	Permeabilidad del suelo
Sedimentación	Evapotranspiración	Ancho de la sección	Flujos sub-superficiales

Fuente: autoras.

El criterio para la selección final de las variables de estudio se basó principalmente en el análisis de la información recolectada sobre sistemas de monitoreo en general, las características específicas del Río de Oro, consulta a expertos ⁷ en el tema y la existencia y facilidad de obtención de registros históricos o estadísticos de mediciones hechas al río. La tabla 5 es parte de una matriz de selección de variables como consulta realizada a expertos en sistemas de monitoreo hidrológicos hecha para ayudar en el proceso de elección de las variables. Esta se subdivide en categorías y parámetros definidos por las autoras del proyecto según la documentación examinada.

- La categoría Geografía – Río hace referencia a los aspectos morfológicos del río de Oro y sus características físicas como área, longitud, ubicación, terreno, profundidad, etc.
- La categoría Medición se relaciona con el monitoreo de las variables y el análisis de los datos obtenidos.
- La categoría Especificaciones Técnicas trata de las características de los equipos y las condiciones de funcionamiento de estos.
- La categoría Teoría Hidrológica se refiere al soporte teórico, la definición de las variables a monitorear, algunos conceptos hidrológicos y modelos matemáticos, ecuaciones, etc.

⁷ Ing. Jaime Enrique Duarte Espinel. Especialista en recursos hídricos. Meteorólogo- hidrólogo. IDEAM; avda quebradaseca # 30-12 piso 2. Tel of(97)6321935 Bucaramanga Colombia.
Ing. Jorge Granados Calderón. Centro de servicios Estudios básicos de Ingeniería, Área de Hidrología. Instituto Costarricense de Electricidad,(ICE) Tel 2207062 jgranados@ice.go.cr Ing. Gustavo A. Silva Medina. Especialista en hidrología, hidrología avanzada, Hidráulica Fluvial y marítima. Docente de la Unidad Hidráulica en la Universidad Nacional gsilvam@yahoo.com

- La categoría Registros Históricos del Río de Oro contiene los parámetros referentes a información y antecedentes de mediciones previas o estudios realizados al río en cuestión.
- La categoría Diseño del Sistema se relaciona con los aspectos que interfieran directamente en el esquema general y las características de diseño del sistema.
- La categoría Entorno Social involucra os parámetros con relación a asentamientos humanos, casco urbano y zona industrial ubicados en las riberas del río así como población relacionada con el manejo del río.
- La categoría Verificación hace referencia a las formas de verificación para el sistema.

Tabla 5 Categorización de las variables del Río de Oro.

Categorías	Parámetros
Geografía - Río	Es afectada por las características del suelo
	Es afectada por el cambio de pendiente en el río
	Puede presentar diferentes velocidades durante el trayecto
	Es afectada por la localización de la zona
	Es afectada por sólidos y residuos en el río
	Influye la profundidad del río
	Es afectada por estructuras y construcciones presentes en el río
	Influye la morfología del río
	Es afectada por la temperatura de la región
	Es afectada por la zona específica que se monitorea del río
	Es afectada por la estabilidad de los taludes
	Es afectada por la sedimentación
	Es afectada por la forma de la corriente
	Es afectada por el nivel de flujo de lodo y tierra en el río
	Es afectada por la turbulencia en el agua
	Es afectada por el grado de erosión de la zona
Es afectada por la permeabilidad del suelo	
Medición	Existencia de equipos de medición de esta variable en el mercado actual
	Existencia de equipos de medición instalados y en funcionamiento en el río
	Es medible en todo el trayecto del río
	Es sensible a cambios climáticos
	Es afectada por la frecuencia de medición o toma de observaciones
	La toma de observaciones depende de condiciones especiales
	Existen varias formas de medirla
Especificaciones técnicas	Es posible con la instrumentación adecuada obtener datos en tiempo real
	Existencia de normas técnicas referentes a su medición

	Su medición se afecta significativamente por el presupuesto
	Precisión
	Es posible la toma de datos manual
	Es posible la toma de datos automática
	La toma de observaciones depende de personal capacitado
	Es afectado por el horario de medición
	Exactitud
	Su medición depende de obra civil para instalación de dispositivos (estaciones, aforos, etc.)
	Tiene representatividad
	Depende de instalación física (hardware, fuentes, etc)
	Tiene repetibilidad
	Grado de tolerancia
Teoría	Definición exacta de la variable en cuestión
	Es posible su cálculo basado en funciones matemáticas o ecuaciones
	Permite ser calculada o tratada con procedimientos teóricos
	Puede predecirse por medio de observaciones anteriores
	Depende directamente de otra variable
	Depende indirectamente de otra variable
	Está correlacionada con otra variable de esta tabla
	Es conocida su escala de medición
	Es cuantitativa
	Es analizable para hacer predicciones
	Es cualitativa
	Es cuantificable el grado de error presente en las mediciones
Antecedentes	Existencia de registros históricos acerca de la variable en cuestión
	Existencia de información relacionada suficiente (para este proyecto)
	Existencia de modelaciones matemáticas
	Existencia de mediciones de referencia
	Existencia de cotas de inundación
Diseño	Es acorde a las necesidades del proyecto
	Su comportamiento afecta el diseño del sistema
	Es afectada por la estructura general del diseño del sistema
	Permite ser medida al mismo tiempo que otras variables
	Es sólo medible durante eventos extremos
	Es válida para diversas clases de topología
	Los costos asociados a su medición son relativamente bajos comparados con otras variables
	Su medición incrementa enormemente los costos en comparación a otras variables
Entorno social	Influye la existencia de asentamientos humanos en las riberas del río
	Influye en su medición la existencia de casco urbano
	Influye en sus medidas la existencia de población cercana
	Influye en su medición la existencia de industria y fábricas cercanas al río
	Afecta la existencia de propietarios de predios involucrados en la zona
Verificación	Es posible obtener datos confiables
	Es posible realizar seguimiento

Es posible hacer una simulación
Es posible establecerla con un modelo del comportamiento del sistema
Es posible establecerla con un modelo del comportamiento del río
Es comprobable y verificable su aporte a la investigación y estudios sobre el río
Es comprobable y verificable su aporte y/o importancia para la comunidad
Es posible de implementar su medición en el sistema
Es posible garantizar funcionamiento adecuado del sistema
Su medición soporta condiciones difíciles o de desastres
Las etapas del diseño son adecuadas y encaja en alguna de ellas
Es posible que para el diseño general su medición cumpla con los objetivos planteados
Es posible que el diseño general su medición cumpla con las especificaciones necesarias
Es posible obtener conceptos técnicos de expertos
Ayuda a suplir las necesidades del proyecto con su medición
Es posible manejar alternativas de supervisión y control para el sistema

*Fuente: Autoras del proyecto.

El resultado final de la búsqueda generó Caudal, Nivel y Precipitación como las variables a partir de las cuales se fundamentará este sistema de monitoreo. La consideración de estas variables, como se menciona anteriormente tuvo en cuenta las características específicas del Río de Oro, el análisis de la información recolectada sobre sistemas de monitoreo en general, consulta a expertos en el tema por medio de la matriz de variables diligenciada y la existencia y facilidad de obtención de registros históricos o estadísticos de mediciones hechas al río. En este caso entre la información perteneciente al Río de Oro se encuentran tablas de registros de precipitación y de caudal de las estaciones instaladas.

El resultado final de la búsqueda generó **Caudal, Nivel y Precipitación** como las variables a partir de las cuales se fundamentará este sistema de monitoreo. La consideración de estas variables, como se menciona anteriormente tuvo en cuenta por orden prioritario determinado por las autoras:

- La existencia de facilidad de obtención de registros históricos o estadísticos de mediciones hechas al río, en este caso entre la información perteneciente al Río de Oro se encuentran tablas de registros de precipitación y de caudal de las estaciones instaladas.

- Consulta a expertos en el tema por medio de la matriz de variables diligenciada.⁸
- Las características específicas del Río de Oro.
- El análisis de la información recolectada sobre sistemas de monitoreo en general.

A continuación se conceptualizan brevemente dichas variables.

Caudal

Es el volumen o cantidad de agua que pasa por una sección transversal en un tiempo dado. Se expresa en volumen por unidad de tiempo, es decir, litros o metros cúbicos por segundo (l/seg o m³/seg).

Existen diversas formas de medición y el uso del método depende de las características del sitio, aunque los métodos matemáticos son usados donde no existen estaciones de medición implementadas.

Nivel

Como su nombre lo indica es la altura del agua de una corriente o cuerpo de agua con relación a una referencia dada.

Sin embargo el nivel y flujo de un río suelen estar controlados por las variaciones en la precipitación. Al caer la lluvia, el agua recorre diversos caminos que pueden o no desembocar en el río, también es posible que no llegue inmediatamente sino que presente retrasos tal que llegue al cuerpo hídrico incluso después de concluida la precipitación.

Otros factores que afectan el nivel del ríos son las obstrucciones a lo largo de la cuenca que van desde las construidas por el hombre como puentes, rellenos y muros hasta las ocasionadas por la naturaleza como troncos, sedimentos y desprendimiento de terreno sobre el cauce del río.

⁸ Ver anexo 2.

Precipitación

Se define como forma de agua que cae del cielo, incluido lluvia, granizo, rocío, nieve y neblina. Para que ocurra este proceso es necesario que exista vapor de agua ascendente en condensación formando nubes y que estas a su vez logren un punto de saturación donde las gotas de agua y hielo caigan a la tierra por efecto de la gravedad

Por lo general las precipitaciones suelen ser de tres tipos: frontal, que ocurre cuando dos nubes o masas de aire de diferentes presiones colisionan; convectiva, que se genera cuando masas de aire cálidas ascienden y se enfrían produciendo precipitación y orográfica que es cuando una masa de aire se eleva sobre montañas y su temperatura baja produciendo precipitación.

Por lo general si la precipitación es grande, el suelo se llena de agua hasta el punto de saturación y por lo tanto no está en capacidad de atrapar el agua que empieza a escurrir según la intensidad y duración de la precipitación generando escorrentía cuyo peligro potencial es que socave la coherencia del suelo y permita la formación de flujos de lodos y agua. En el caso de una precipitación pequeña es muy probable que el agua quede atrapada en el suelo o en la vegetación de la zona y termine evaporándose. Sin embargo la escorrentía suele ser usada para calcular el caudal en ríos sin estaciones de medición y por tanto sin ningún dato o registro.

La relación entre las tres variables está claramente establecida y tienen la ventaja que son datos de series de tiempo, es decir, conservan orden cronológico. Sin embargo los datos de nivel y caudal son de tipo agregación por promedio pues de esta manera se facilita su análisis mientras los de precipitación son de tipo agregación por acumulación ya que los intervalos cortos son sumados formando intervalos largos en los casos requeridos, por ejemplo varios días seguidos de lluvia.

3. ANÁLISIS DE LA RED DE MONITOREO EN EL RÍO DE ORO

Identificadas las variables a monitorizar en el capítulo anterior, es necesario establecer los puntos físicos o estaciones en donde se van a realizar las observaciones y medidas.

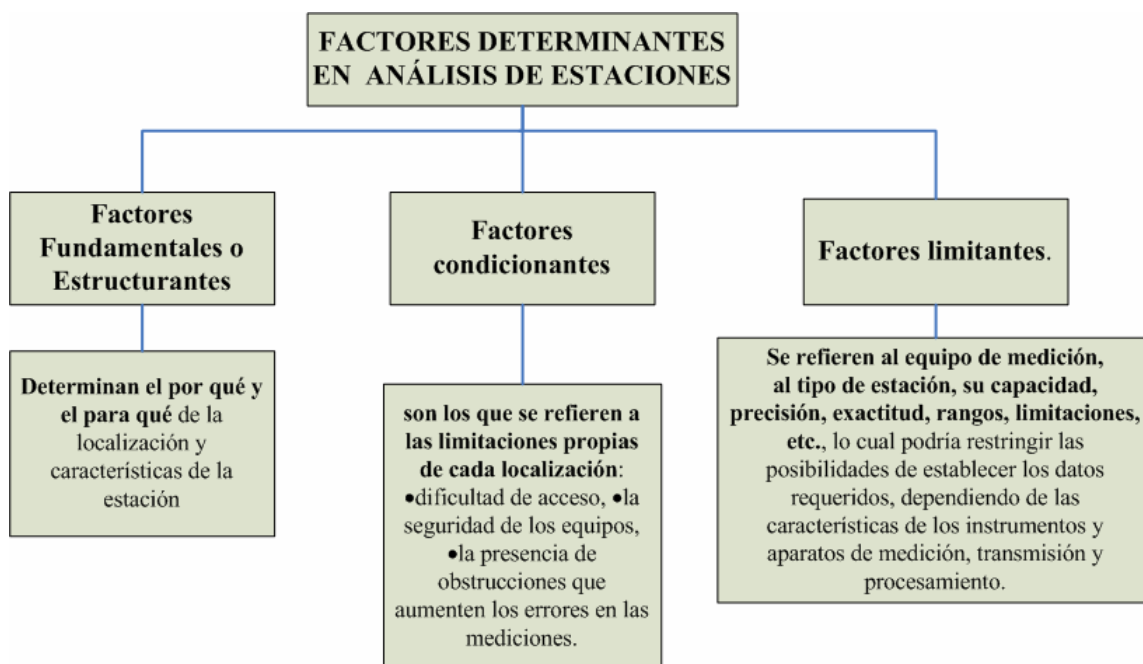
Para esto el enfoque fundamental se centrará en la evaluación de las estaciones ya existentes en el Río de Oro, y la calidad de las medidas tomadas por estas.

3.1 SITIOS DE MUESTREO

Para el diseño de un sistema de monitoreo hidrológico, se debe identificar el inventario de las estaciones existentes en el área de estudio, para complementar y/o optimizar la red. Esta acción busca la identificación de vacíos de información, y la integración y análisis de los datos obtenidos de los actores que intervienen en el monitoreo del recurso hídrico como la CDMB y el IDEAM en Santander.

El diseño inicial de la red debe estar validado con trabajo de campo que asegure que las observaciones se están haciendo en sitios que cumplen las condiciones mínimas tanto para su instalación como para su operación. Es necesario tener en cuenta los siguientes factores y criterios cuando se están haciendo los análisis para la ubicación de las estaciones. Los factores son de tres tipos:

Figura 8. Factores determinantes en análisis de estaciones.



*Fuente: Autoras del proyecto.

En la temática de fenómenos naturales es indispensable instalar puntos de observación aguas arriba de las áreas afectadas para poder dar los niveles de alarmas con los tiempos necesarios para tomar medidas de acción.

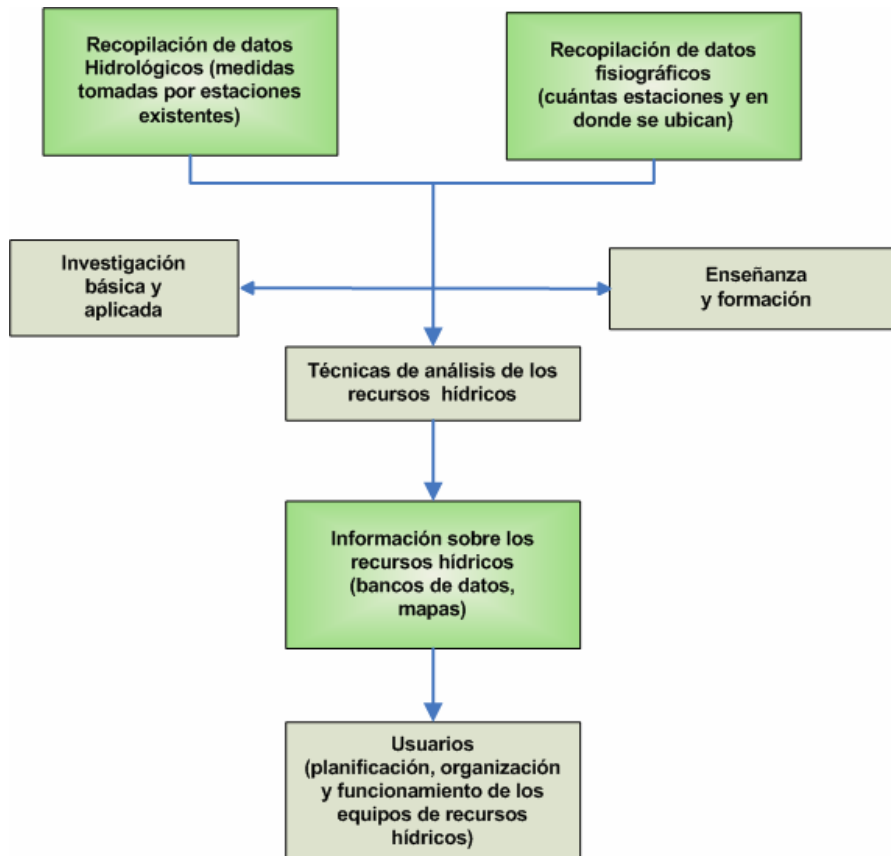
Sin embargo para efectos de investigación y alcance del proyecto se estudian con mayor énfasis los datos suministrados por las estaciones actuales de monitoreo para el diagnóstico de la calidad de sus mediciones y de allí basar nuevas propuestas de puntos de observación y/o optimización de las mismas.

En la Figura 3. se presentó el esquema a seguir para el establecimiento de la red hidrológica, en donde se enuncian los respectivos componentes del proceso.

Para permitir una evaluación preliminar de los recursos hídricos disponibles, que pueda servir de base para los planes regionales a largo plazo, este tipo de análisis implica la recopilación y el procesamiento de los datos hidrológicos e hidrogeológicos existentes.

En la figura 9 se indican los componentes de un programa de evaluación de recursos hídricos que, básicamente, consisten en lo siguiente:

Figura 9. Componentes de un programa de evaluación de recursos hídricos.



- **Recopilación de datos hidrológicos** – recopilación de datos históricos sobre el número de puntos de observación distribuidos en la zona de estudio;
- **Recopilación de datos fisiográficos** – obtención de datos sobre las características físicas de la estación, ubicación, función etc. Para resumir, estos datos se denominan características fisiográficas.
- **Técnicas empleadas para la evaluación zonal de los recursos hídricos** – técnicas de transformación de datos en información y de establecimiento de relaciones entre los datos hidrológicos y los datos fisiográficos para de obtener información sobre las características de los recursos hídricos de la zona de evaluación.

Para iniciar el proceso anteriormente descrito, se presenta a continuación los tipos de estaciones existentes en la cuenca.⁹

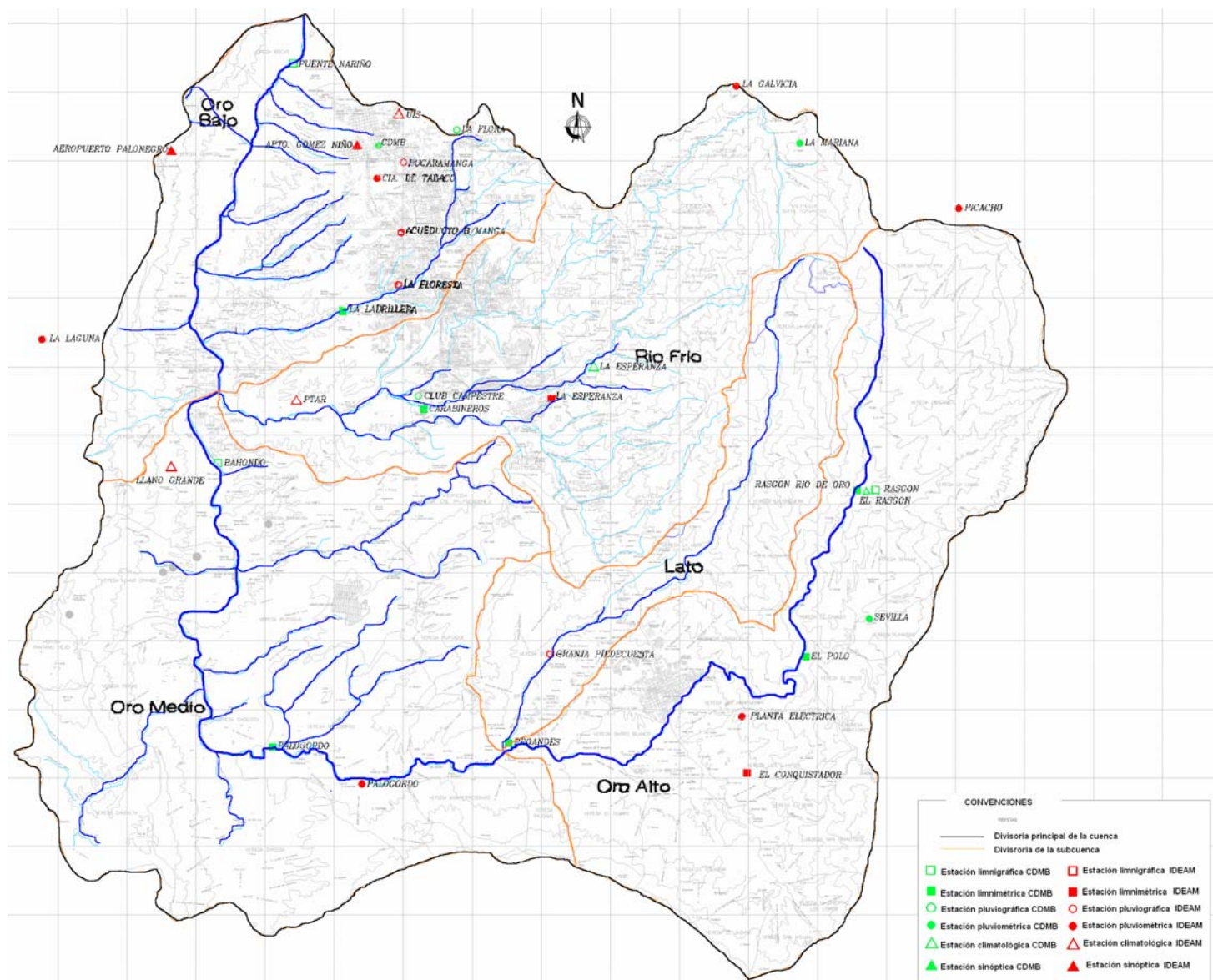
- **Estación Pluviométrica (PM):** Es una estación meteorológica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas.
- **Estación Pluviográfica (PG):** Registra en forma mecánica y continua la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia. Actualmente se utilizan los pluviógrafos de registro diario.
- **Estación Limnimétrica:** Se refiere a una regleta instalada en las orillas de los ríos, indicando el nivel del agua en un punto determinado de un a corriente.
- **Estación Limnigráfica:** Registra en forma mecánica y continua el nivel de un río.
- **Estación Climatológica Principal (CP):** 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.
- **Estación Climatológica Ordinaria (CO):** Este tipo de estaciones poseen obligatoriamente un pluviómetro, pluviógrafo y psicrómetro. Es decir miden lluvias y temperaturas extremas e instantáneas.
- **Estación Sinóptica Principal (SP):** en este tipo de estación se efectúan observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas convenidas internacionalmente. Los datos se toman periódicamente 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, capa significativas de nubes, recorrido del viento y secuencia de los fenómenos atmosféricos. Esta información se codifica y se intercambia a través de los centros mundiales con el fin de alimentar los modelos globales y locales de pronóstico y para el servicio de la aviación.

⁹ Tomado de: <http://duinimako.ideam.gov.co/files/atlas/Red%20meteorologica.htm>

- **Estación Sinóptica Suplementaria (SS):** 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.

La figura 10. Muestra la cuenca del Río de Oro con sus respectivas estaciones de estudio, relacionadas a las variables de nivel, caudal y precipitación. .

Figura 10. Mapa de la cuenca del Río de Oro, con sus estaciones de observación.



3.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA E HIDROLÓGICA DEL RÍO DE ORO.¹⁰

El análisis de la información consistió en la verificación de la consistencia de los datos de precipitación y caudales, la comprobación de la confiabilidad de los registros, incluyendo la investigación de la presencia de la información de los eventos extraordinarios históricos (inundaciones) ocurridos en la cuenca del Río de Oro y el estudio e interpretación de los datos obtenidos.

3.2.1 Información de Precipitaciones históricas

Se analizó la información de precipitaciones de 25 estaciones ubicadas en la cuenca del río de Oro con información diaria.

A continuación se presenta un listado de las estaciones y de la información recopilada o suministrada.

Tabla 6. Estaciones analizadas de precipitación.

NOMBRE	TIPO	ENTIDAD	MUNICIPIO	CORRIENTE	COOR. DE GAUSS		ELEVACIÓN msnm.	PERIODO DE REGISTRO
					NORTE	ESTE		
APTO GOMEZ NIÑO	SS	IDEAM	BUCARAMANGA	DE ORO	1,280,367.37	1,104,682.23	931	06/1941 - 07/1974
APTO PALONEGRO	SP	IDEAM	LEBRUJA	DE ORO	1,280,366.00	1,099,158.00	1189	08/1974 - 02/2005
BUCARAMANGA	PG	IDEAM	BUCARAMANGA	SURATÁ	1,278,528.00	1,106,527.00	1025	11/1996 - 02/2005
CDMB	PG	CDMB	BUCARAMANGA	DE ORO	1,280,367.37	1,104,682.23	950	01/1979 - 02/2005
ACUEDUCTO BMANGA		ACUEDUCTO	BUCARAMANGA	DE ORO	1,105,900	1,277,900	950	01/1961 - 08/1966
CA COLOMBIANA DE TABACO		COLTABACO	BUCARAMANGA	DE ORO	1,105,109	1,279,504	975	01/1943 - 04/1953
CLUB CAMPESTRE	PG	CDMB	FLORIDABLANCA	FRIO	1,280,310	1,117,627	2250	10/1982 - 02/2005
EL RASGÓN	CO	CDMB	PIEDECUESTA	DE ORO	1,270,294	1,119,913	2185	01/1986 - 02/2005
GJA PIEDECUESTA	PG	IDEAM	PIEDECUESTA	LATO	1,265,631	1,110,238	1000	08/1970 - 02/2005
LA ESPERANZA	CO	CDMB	FLORIDABLANCA	FRIO	1,297,073	1,122,281	1950	09/1979 - 02/2005
LA FLORA	PG	CDMB	BUCARAMANGA	SURATÁ	1,289,795	1,125,594	2400	01/1979 - 04/2004
LA FLORESTA	PG	IDEAM	FLORIDABLANCA	Q DE LA IGLESIA	1,274,837	1,104,693	925	01/1979 - 02/2005
LA GALVIA	PM	IDEAM	FLORIDABLANCA	TONA	1,282,234	1,115,726	1779	01/1998 - 02/2005

¹⁰ El estudio tiene como base el trabajo de campo realizado por GEOTECNOLOGÍA Ltda. Diagnóstico de las amenazas de inundación y Erosión en el río de oro 2005. disponible en la CDMB.

LAMARIANA	PM	CDMB	TONA	FRIO	1,273,582	1,111,228	1000	06/1981-03/2005
LLANO GRANDE	CO	IDEAM	GIRÓN	DE ORO	1,271,139	1,099,176	777	07/1971-02/2005
PALOGORDO	PM	IDEAM	GIRÓN	DE ORO	1,261,933	1,104,719	950	06/1967-02/2005
PLANTA ELECTRICA	PM	IDEAM	PIEDECUJESTA	QEL RASGON	1,263,800	1,115,768	1000	03/1958-09/1971
PTAR	CO	CDMB	GIRÓN	FRIO	1,272,989	1,102,856	785	08/1985-11/2001
RUITOQUE	PG	URBANAS	PIEDECUJESTA	DE ORO	1,110,038	1,268,702	1370	07/1992-12/2003
SEVILLA	PM	CDMB	PIEDECUJESTA	TRINCHERAS	1,295,190	1,123,241	2270	08/1981-03/2005
UIS	CP	IDEAM	BUCARAMANGA	TONA	1,280,375	1,108,365	1018	01/1957-03/2003
CHIMITA	AUT	CDMB	GIRÓN	DE ORO	1,279,146	1,104,976	685.84	01/2005-05/2005
CENTRO	AUT	CDMB	BUCARAMANGA	DE ORO	1,276,796	1,100,618	971.43	01/2005-05/2005
PTAR	AUT	CDMB	GIRÓN	FRIO	1,273,105	1,104,883	764	01/2005-05/2005
UIS	AUT	CDMB	BUCARAMANGA	DE ORO	1,281,494	1,105,534	995.28	01/2005-05/2005

*Fuente: Geotecnología.

3.2.2 Información de caudales

Se analizó la información de las siguientes 12 estaciones de medición de caudales ubicadas en la cuenca del río de Oro.

Tabla 7. Estaciones analizadas de caudal.

NOMBRE	TIPO	ENTIDAD	MUNICIPIO	CORRIENTE	COORDENADAS DE GAUSS		ELEVACIÓN msnm.	PERIODO DE REGISTRO
					NORTE	ESTE		
BAHONDO	LM	IDEAM	GIRÓN	DE ORO	1,271,226	1,100,567	690	01/71-01/98
EL CONQUISTADOR	LM	IDEAM	PIEDECUJESTA	DE ORO	1,261,956	1,115,772	1000	08/78-12/98
LA ESPERANZA	LM	HIMAT	FLORIDABLANCA	FRIO	1,273,005	1,110,222	1050	01/80-01/95
CARABINEROS	LM	CDMB	FLORIDABLANCA	FRIO	1,272,413	1,106,614	780	06/82-04/05
EL POLO	LM	CDMB	PIEDECUJESTA	QEL HOYO	1,265,750	1,117,700		09/02-03/05
LALADRILLERA	LM	CDMB	BUCARAMANGA	QLA IGLESIA	1,275,610	1,104,098	780	06/91-03/05
PALOGORDO	LM	CDMB	GIRÓN	DE ORO	1,262,890	1,102,165	830	10/84-11/04
PROANDES	LM	CDMB	PIEDECUJESTA	DE ORO	1,263,095	1,109,017	870	11/83-05/03
PTENARIÑO	LG	CDMB	BUCARAMANGA	DE ORO	1,282,697	1,102,526	638	08/82-11/04
EL RASGÓN	LG	CDMB	PIEDECUJESTA	DE ORO	1,270,325	1,119,935	2169	10/84-01/02
EL RASGÓN RÍO DE ORO	LM	CDMB	PIEDECUJESTA	DE ORO	1,270,362	1,119,077	2121	03/03-10/04
BAHONDO	LG	CDMB	GIRÓN	DE ORO	1,271,226	1,100,567	700	04/97-04/04

*Fuente: Geotecnología.

3.2.3 Verificación de la consistencia de los datos de las estaciones

Cuando existen cambios en las condiciones de operación, cambios físicos en el medio circundante o reubicación de una estación, la homogeneidad de las tendencias del registro sufre alteraciones. Para detectar y corregir estas alteraciones se utiliza la curva de doble masa, basada en el hecho de que el promedio de la precipitación acumulada para varias estaciones no es muy sensible a cambios en la operación de alguna de ellas, mientras que el cambio en una estación en particular si afecta sensiblemente el total acumulado de la misma.

La curva de doble masa se construye graficando en las abscisas el promedio de la precipitación anual acumulada de las estaciones en estudio, y en el eje de las ordenadas la precipitación anual acumulada para cada estación, con lo cual se obtendrán líneas rectas que muestran una proporcionalidad entre las dos variables, cualquier cambio de pendiente en la recta indicara el año en el que ocurrió un cambio importante en las condiciones de la estación.

Sin embargo, cabe anotar que esta técnica debe aplicarse con mucho cuidado en zonas con bruscos cambios topográficos, ya que la variabilidad espacial de la precipitación se ve afectada debido a estas condiciones.

3.2.3.1 Verificación de los datos de las estaciones IDEAM

Las estaciones analizadas de la entidad IDEAM, son las siguientes:

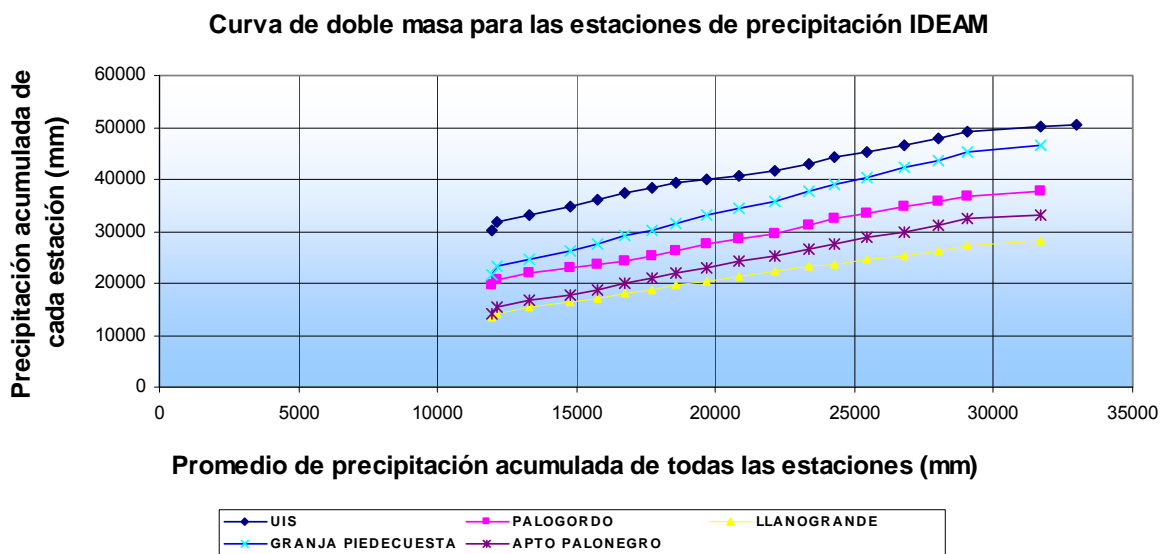
Tabla 8. Estaciones del IDEAM.

NOMBRE	TIPO	ENTIDAD	MUNICIPIO	CORRIENTE
APTO PALONEGRO	SP	IDEAM	LEBRIJA	DE ORO
GJA PIEDECUESTA	PG	IDEAM	PIEDRECUESTA	LATO
LA FLORESTA	PG	IDEAM	FLORIDABLANCA	Q DE LA IGLESIA
LA GALVICIA	PM	IDEAM	FLORIDABLANCA	TONA
LLANO GRANDE	CO	IDEAM	GIRÓN	DE ORO
PALO GORDO	PM	IDEAM	GIRÓN	DE ORO
UIS	CP	IDEAM	BUCARAMANGA	TONA

*Fuente: Geotecnología.

A partir de los datos de precipitación acumulada anual de las estaciones en análisis y del promedio de estos de todas las estaciones, se construyó la curva de doble masa siguiente (Figura 11)

Figura 11. Curva de doble masa para precipitación.



*Fuente: autoras.

A partir de la curva de doble masa se puede determinar para las estaciones en estudio que:

- Las estaciones Aeropuerto Palonegro, Granja Piedecuesta, presentan una tendencia lineal cercana a la de una recta, lo que indica la consistencia en sus series de datos.
- La diferencia de pendiente de la estación Palogordo con respecto a las demás es una evidencia de las diferencias de la distribución espacial de la precipitación con respecto a la altitud de la estación, ya que esta es la que se encuentra en la parte más baja de la cuenca.
- La estación UIS presenta leves cambios de pendiente, siendo los más significativos: el del año 1992, el cual fue chequeado y no se presentan

inconsistencias en los registros, y el del año 2004 debido a que no existen registros a partir de finales del año 2003.

En general las estaciones en estudio presentan cambios muy leves en sus pendientes, siendo un indicio de homogeneidad en sus registros.

3.2.3.2 Verificación de los datos de las estaciones CDMB:

Las estaciones de la entidad CDMB analizadas fueron todas las que se encuentran dentro de la cuenca:

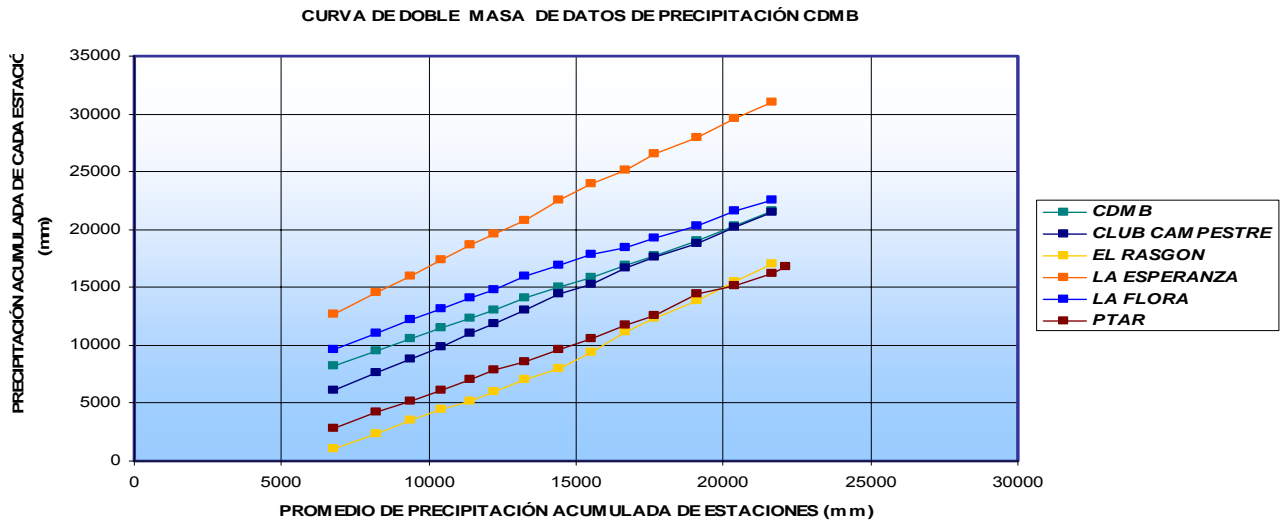
Tabla 9. Estaciones CDMB de la cuenca.

NOMBRE	TIPO	ENTIDAD	MUNICIPIO	CORRIENTE	COORD. DE GAUSS		ELEVACIÓN m.s.n.m.
CDMB	PG	CDMB	BUCARAMANGA	DE ORO	1,280,367	1,104,682	950
CLUB CAMPESTRE	PG	CDMB	FLORIDABLANCA	FRIO	1,280,310	1,117,627	2250
EL RASGÓN	CO	CDMB	PIEDECUESTA	DE ORO	1,270,294	1,119,913	2185
LA ESPERANZA	CO	CDMB	FLORIDABLANCA	FRIO	1,297,073	1,122,281	1950
LA FLORA	PG	CDMB	BUCARAMANGA	SURATÁ	1,289,795	1,125,594	2400
LA MARIANA	PM	CDMB	TONA	FRIO	1,273,582	1,111,228	1000
PTAR	CO	CDMB	GIRÓN	FRIO	1,272,989	1,102,856	785
SEVILLA	PM	CDMB	PIEDECUESTA	TRINCHERAS	1,295,190	1,123,241	2270

*Fuente: Geotecnología.

A partir de los datos de precipitación acumulada anual de las estaciones en análisis y del promedio de estos de todas las estaciones, se construyó la curva de doble masa siguiente (figura 12):

Figura 12. Curva de doble masa para las estaciones de precipitación de la CDMB.



*Fuente: autoras.

A partir de la curva de doble masa se puede determinar para las estaciones en estudio que:

- Se evidencia en general un problema en la toma de datos de estas estaciones como puede apreciarse, en la mayoría hay cambios bruscos de pendientes.
- Las estaciones La Esperanza y CDMB, presentan una tendencia lineal cercana a la de una recta, lo que indica la consistencia en sus series de datos.
- El cambio de pendiente en la estación la Esperanza para el año 1996 obedece a que la estación no registró ningún día de lluvia en el mes de mayo.
- Cambio de pendiente de la estación La Flora durante 1995-1997 obedece a ausencia de registros durante varios meses en este periodo.
- Cambio de pendiente de la estación Club Campestre en el año 1996 no evidencia ningún tipo de problemas en los registros, el total en este año es bajo pero aparecen todos los registros durante el año.
- El cambio de pendiente en la estación El Rasgón en el año 1990 obedece a falta de registros durante los meses de febrero a junio.
- El cambio de pendiente en el año 1997 en la estación PTAR obedece al parecer a factores meteorológicos por registrarse un año con poca lluvia, pero los registros están completos.

Así también como técnica de análisis de datos se puede realizar una comparación entre los datos medidos por las estaciones, como son datos fuera de lo común en un determinado rango de medida, y la comparación de este mismo dato con las estaciones aledañas para verificar su consistencia.

3.2.4 Pruebas de datos dudosos

Además de la verificación de la consistencia de los datos suministrados, se chequeó la existencia de datos dudosos dentro de las series analizadas, entendiéndose estos como, puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante.

Para el análisis se utilizaron todas las estaciones ubicadas dentro de la cuenca y que cuentan con registros de datos mayores a 10 años.

La metodología utilizada para la prueba de datos dudosos es la recomendada por el Water Resources Council, la cual utiliza la siguiente ecuación de frecuencia para datos dudosos altos:

$$y_H = \bar{y} + K_n s_y$$

Donde y_H es el umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas y K_n es una constante para un tamaño de muestra n usada en pruebas de un lado, para detectar datos dudosos en el nivel 10% de significancia en información normalmente distribuida.

Si los logaritmos de los valores en una muestra son mayores que y_H , entonces se consideran como datos dudosos altos. Estos datos se chequean con la información histórica para verificar si obedecen a eventos extremos, en caso de coincidir el dato con un evento de este tipo es tratado como válido, de lo contrario deberá ser eliminado de la serie histórica.

A continuación se presenta la prueba de datos de caudal y precipitación.

3.2.4.1 Resultados de la prueba para las estaciones de medición de precipitación

Entidad: IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales)

Tabla 10. Estaciones suministradas para la prueba.

APTO GOMEZ NIÑO	SS
APTO PALONEGRO	SP
BUCARAMANGA	PG
GJA PIEDECUESTA	PG
LA FLORESTA	PG
LA GALVICIA	PM
LLANO GRANDE	CO
PALO GORDO	PM
UIS	CP
PLANTA ELECTRICA	PM

Datos de estaciones suministradas

- Aeropuerto Gómez Niño (Máximo de 1973)
- Aeropuerto Palonegro (Máximo de 1998)
- Llanogrande (Máximo de 2005).

Confrontación de datos dudosos con datos de estaciones relacionadas:

- Estación Aeropuerto Gómez Niño: El dato máximo dudoso de esta estación ocurrió el día 27/06/73, en el cual se encontró en las estaciones aledañas los siguientes registros (Tabla 11.):

Tabla 11. Datos dudosos para la estación Gómez Niño.

ESTACIÓN	P (mm)
APTO GOMEZ NIÑO	182
LA GALVICIA	4
UIS	0.4
LLANOGRANDE	0
GJA PIEDECUESTA	0
PALOGORDO	0

Se puede inferir que este dato tuvo problemas en su registro, por fallas humanas o técnicas.

- Estación Aeropuerto Palonegro: El dato máximo dudoso de esta estación ocurrió el día 07/02/98, en el cual se encontró en las estaciones aledañas los siguientes registros (Tabla 12):

Tabla 12. Estaciones a comparar precipitación de las estaciones.

ESTACION	07-Feb-98 P (mm)	08-Feb-98 P (mm)	09-Feb-98 P (mm)
APTO PALONEGRO	152	57	
BUCARAMANGA	SR	96	
CDMB	24.1	73.10	
EL PANTANO	95	15	
GJA PIEDECUESTA	17.4	48.1	
HDA TRIGUEROS	107.6	107.4	
LA ESPERANZA	0	0	
LA FLORA	0	0	
LA FLORESTA	19.7	80.2	
LA GALVICIA	46	12	
LA LAGUNA	120	50	
LA MARIANA	0	0	
LA MESA	0	48	
LA PARROQUIA	210	159	
LLANO GRANDE	48.7	57.5	
MATAJIRA	9.5	44	
PALO GORDO	15	35	
PTAR	2.4	16.9	21.8
RUITOQUE	1	23	75.5
SEVILLA	0	9.4	
UIS	27.4	57.4	

Es evidente que existió un evento de precipitación máxima en esta fecha, sin embargo se observa que muchas estaciones no registran de forma adecuada la información, puesto que hay gran diferencia entre la cantidad de lluvia de las estaciones.

Entidad: CDMB (Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga)

Las estaciones con datos suministrados se presentan en la tabla 13.

Tabla 13. Funcionalidad de la estación de observación.

CDMB	PG
CLUB CAMPESTRE	PG
EL RASGÓN	CO
LA ESPERANZA	CO
LA FLORA	PG
LA MARIANA	PM
PTAR	CO
SEVILLA	PM

Estaciones con información dudosa:

- La Esperanza (Máximo de 1993)
- PTAR (Máximo de 1998)
- Sevilla : Datos de 1996-1997 incompletos y además muy bajos.

Confrontación de datos dudosos con datos de estaciones relacionadas:

- Estación La Esperanza: El dato máximo dudoso de esta estación ocurrió el día 31/01/93 en el cual se encontró en las estaciones aledañas los siguientes registros:

Tabla 14. Comparación de la lluvia medida entre estaciones.

ESTACIÓN	P (mm)
LA ESPERANZA	164.8
CDMB	0
CLUB CAMPESTRE	4.3
LA FLORESTA	0
RASGON	0
GALVICIA (01/02)	43
MARIANA	0
GJA PIEDECUESTA (30)	46.8
PTAR	0
LLANOGRANDE	0
PALOGORDO	10

Se puede inferir que este dato obedece a un error de registro, ya que las estaciones más próximas a esta no registran ningún evento de precipitación.

- Estación PTAR: El dato máximo dudoso de esta estación ocurrió el día 28/10/98 en el cual se encontró en las estaciones cercanas los siguientes registros:

Tabla 15. Comparación datos dudosos para estaciones cercanas.

ESTACIÓN	P (mm)
CLUB CAMPESTRE	0.6
LA FLORESTA (27)	67.5
LLANOGRANDE (27)	84.7
PTAR	157.5

Se evidencia un evento de precipitación fuerte que no coincide en el día con las estaciones cercanas, pero que es registrado el día anterior en las estaciones más próximas (La Floresta, Llanogrande), lo cual indica que los datos se encuentran desfasados en tiempo.

- Estación Sevilla: Durante los años 1996-1997 se encontraron pocos meses con registros, y en estos se encontró datos muy bajos e intermitentes, indicando fallas en el aparato.

3.2.4.2 Resultados de la Prueba para las estaciones de medición de caudales

Entidad: (IDEAM) Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales:

Datos de estaciones suministradas

Tabla 16. Estaciones del IDEAM, para el análisis de caudal.

BAHONDO	LM
EL CONQUISTADOR	LM
CAFÉ MADRID	LG
SAN RAFAEL	LM
LA ESPERANZA	LM

Estaciones con información dudosa:

- La Esperanza (Máximo de 1995)

Confrontación de datos dudosos con datos de estaciones relacionadas:

- Estación la Esperanza: el registro dudoso de la estación es de octubre de 1995, se encontró un máximo el día 24 para la estación Carabineros subsiguiente a la

estación La Esperanza, pero se contrastó con los datos de precipitación de las estaciones de la parte alta las cuales registraron:

Tabla 17. Comparación con datos de estaciones cercanas para casos dudosos IDEAM.

la estación	P(mm) 20/10/1995	P(mm) 24/10/1995
La Esperanza	61.4	6.3
EL Rasgón	20.4	9.2
La Mariana	1.0	7.5
La Galvicia	55	0.0

Se observa que no coinciden los registros.

Estaciones con información cambiada: *Bahondo* (El registro de Abril de 1985 fue cambiado disminuyendo de un $Q = 300 \text{ m}^3/\text{seg}$ a uno de $148.9 \text{ m}^3/\text{seg}$)

- Estación Bahondo: El comportamiento de la serie de datos de la estación no indica el dato cambiado como un dato dudoso, como se puede comprobar con el análisis estadístico, sin embargo para la fecha se corroboró con los demás datos de estaciones hidrométricas aguas abajo y con las estaciones de medición de pluviosidad relacionadas con dicha estación, encontrándose los siguientes registros:

Precipitación:

Tabla 18. Comparación de datos de precipitación, entre estaciones cercanas.

	PALOGORDO	LLANOGRANDE	GJA PCTA	PANTANO	CLUB CAMPESTRE
FECHA	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)
03/04/1985	45	30.4	35.4		
18/04/1985		32.3	20.6	66	
22/04/1985	29				61.8

Caudal:

Tabla 19. Comparación de datos de caudal, entre estaciones cercanas IDEAM.

FECHA	PALOGORDO	PTE. NARIÑO
	Q (m ³ /seg)	Q (m ³ /seg)
03/04/1985	2.66	12.7
04/04/1985	11.8	
08/04/1985	1.03	23.8
18/04/1985	2.31	16.6
23/04/1985	1.50	25.0

Puede inferirse que este máximo ocurrió el día 03/04/1985, pero el registro de la estación hidrométrica subsiguiente (Palogordo) no se relaciona con el dato cambiado.

Entidad: CDMB (Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta de Bucaramanga):

Datos de estaciones suministradas

Tabla 20. Estaciones con información para analizar datos dudosos CDMB

CARABINEROS	LM
EL POLO	LM
LA LADRILLERA	LM
PALO GORDO	LM
PROANDES	LM
PTE NARIÑO	LG
EL RASGÓN	LG
EL RASGÓN RIO DE ORO	LM
BAHONDO	LG

Estaciones con información dudosa:

- Brisas (Máximo de 1987)
- El Rasgón no registra por encima de ciertos rangos de valores para diferentes periodos de años.
 - (1984-1991 no sobrepasa 1 m³/seg.)
 - (1992-1997 no sobrepasa 1.861 m³/seg.)
 - (1998-2003 no sobrepasa 1.334 m³/seg.)

- Proandes: datos entre 1996 - 1999 muy elevados
- Puente Nariño: datos a partir de 1999 demasiado elevados (entre 1996-1998 no hay registros)

Estaciones con información duplicada:

- Estaciones Palogordo y la Batea tienen los mismos registros durante toda la historia

Confrontación de datos dudosos con datos de estaciones relacionadas:

- Estación Brisas: El dato máximo dudoso de esta estación ocurrió el día 30/04/1987, en el cual se encontró en las estaciones precedentes y subsiguientes los siguientes registros:

Tabla 21. Comparación entre los datos de lluvia entre estaciones. CDMB.

	P (mm)
	30/04/1987
PALOGORDO	1.75
PUENTE NARIÑO	7.14
BRISAS	254.77
CAFÉ MADRID	8.85

No hay consistencia en estos datos.

- Estación El Rasgón: Se infiere la presencia de una falla en el registro durante toda la vida útil de la estación, para cada periodo se presentan los mismos máximos, el cambio en el valor máximo para cada periodo de datos, se debe probablemente a “ajustes” en la estación pero que es evidente que sigue continuando el problema para el siguiente periodo.
- Estación Proandes: Estación que registra máximos entre valores de 1.5 – 10 m³/seg registra entre 1996 y 1999 valores entre 40 y 110 m³/seg normalizándose de nuevo a partir del año 2000, un indicativo de registros dudosos.

- Estación Puente Nariño: Estación con muchos meses sin registro durante el periodo observado, a partir del año 1999 empieza a registrar máximos entre 150 – 3800 m³/seg, que no obedecen a un registro real de la estación.

3.3 CONCLUSIONES GENERALES DEL DIAGNOSTICO DE LAS ESTACIONES DE MEDICIÓN:

Se presentan graves problemas en la toma de datos de caudales en general para todas las estaciones, ya que no se cuenta ni con los aparatos de medición adecuados, ni los lugares aceptables para la colocación de estos, y/o de personal especializado en la toma de los registros.

Los anteriores problemas en los registros limitan realizar un estudio confiable de eventos extremos que permita calcular caudales para un periodo de retorno dado (predicción de inundaciones).

Se recomienda diseñar e instalar un sistema completo de medición de caudales en la cuenca del Río de Oro.

Se requieren estaciones aguas arriba del sector urbano, en el sector urbano, y aguas abajo del sector urbano.

Teniendo en cuenta que la intensidad de las lluvias es uno de los factores determinantes de la ocurrencia de deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río de Oro, se recomienda mejorar la precisión en la medición de las intensidades de las lluvias. Adicionalmente podría requerirse la instalación de estaciones adicionales.

La estación Bahondo ha presentado problemas importantes y en varias ocasiones fue destruida por las crecientes. Las grandes crecientes históricas del río de Oro nunca fueron registradas por esta estación. Además, un dato importante de la estación Bahondo fue modificado después de permanecer por varios años en la base de datos. El dato original fue utilizado por el Ingeniero Jaime Roa en su cálculo de caudales en 1992,

pero en las modelaciones realizadas posteriormente se utilizó un dato diferente. Esto explica parcialmente la diferencia en los caudales calculados para el sitio de Bahondo.

La estación Café Madrid está localizada en un sitio con un plano de inundación que dificulta la precisión de los resultados, no cumple con las reglas generales de ubicación para ser estación de monitoreo. Por lo mismo, las crecientes importantes históricas del Río de Oro no mostraron en la estación Café Madrid registros representativos de la magnitud de los eventos.

La información utilizada para las modelaciones históricas realizadas no es suficiente ni precisa para que los resultados sean confiables, pues se necesitan datos suficientemente reales de la naturaleza del río para realizar cualquier investigación que permita realizar un sistema de alerta temprana para esto es indicado optimizar la red de monitoreo actual.

Con la información de las estaciones hidrológicas no era posible prever que pudiera ocurrir un evento como el de febrero de 2005, pues los datos utilizados en los modelos y caracterización del río son inconsistentes.

Se recomienda la instalación de equipos para la medición de caudales, precipitación, temperaturas, nivel, vientos y otros parámetros climáticos.

Se recomienda realizar un estudio de diseño y optimización de una red hidrometeorológica en toda la cuenca, con el diseño de la respectiva operación y el manejo de la información con personal calificado.

El sistema debe incluir Estaciones Automáticas con medición de: Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa, Radiación Solar, Velocidad y dirección del viento, Presión Atmosférica y Evaporación, y Sensores de nivel de agua en tiempo real, en el cauce del Río de Oro y sus principales afluentes.

Se recomienda mejorar el sistema de recolección y manejo de información de las estaciones de la CDMB. Se sugiere un convenio con el IDEAM para manejar conjuntamente las estaciones y la información.

3.3.1 Puntos de observación en el río.

De acuerdo a las conclusiones generales del diagnóstico de las estaciones de medición mencionadas anteriormente, es prudente seleccionar nuevas estaciones de caudal, nivel y precipitación, y mejorar los actuales puntos de medición con nuevos equipos y optimización de sus recursos.

Entre las consideraciones de instalación hay que tener en cuenta:

- El tramo de río, donde se ubicará la estación, debe ser recto.
- El tramo y la sección donde se ubicarán la estación deben ser estables;
- En lo posible la sección debe ser de forma regular, sin planicie de inundación (o que el flujo de la corriente no se salga del lecho principal) y estar libre de vegetación acuática;
- El punto de medición no puede estar afectado por fenómenos de remanso;
- En el trayecto donde se ubicará la estación no deben existir bocatomas ni vertimientos (a menos que el objetivo de la estación sea controlar a la magnitud de los mismos);
- En zonas montañosas es necesario, además, que la estación se ubique en el sector con menor turbulencia y donde no exista la presencia o transporte de rocas o fragmentos de rocas grandes.

Las estaciones de precipitación que posee la CDMB necesitan ajuste y cambios de instrumentos de medición, comprobado con el análisis de la curva de doble masa. (Ver figura 12).

En cuanto a caudal las estaciones que más necesitan optimización de instrumentación e infraestructura son las de Café Madrid (Anexo 3) por las consideraciones anteriores y Bahondo por la manipulación de datos (Anexo 4).

Una estación de caudal se instalaría después del Palenque, cuyo propósito es establecer una comparación entre los datos que se encuentran inconsistentes en la estación de Café

Madrid y Bahondo; otra estación de precipitación con los mismos propósitos de comparación se instalaría en este tramo del río.

Un concepto importante es localizar estaciones aguas arriba de las zonas más propensas a inundación, sin embargo se puede apreciar en la Fig. 10. que en el sector que cubre de la estación Palogordo hasta la estación del Rasgón, es donde más estaciones existen.

Igualmente, se recomienda la construcción de una estación de caudal en la vereda Las Vueltas por las siguientes consideraciones:

- Hay ausencia de estaciones de nivel y caudal entre el sector de Bahondo y Proandes.
- Este sector del río pertenece a la zona de captación y transporte de la cuenca, que es donde se agrupa el flujo para ser encausado por una quebrada, en este caso Suratoque.
- El río recibe la llegada de varios afluentes y los vertimientos del alcantarillado del municipio de Piedecuesta. Por lo tanto, la zona es susceptible a crecientes y taponamientos debido a las descargas principalmente de las industrias avícolas y porcícolas. Se busca identificar la magnitud y frecuencia de estos, para lo cual se plantea esta nueva estación.
- El tramo del río es recto cumpliendo las especificaciones anteriormente mencionadas.
- Los registros estadísticos muestran que el caudal promedio aproximado en este punto, según cálculos hechos, aumenta a 2.248 m³/s (aproximadamente 1.400 m³/s más que en Barro Blanco).

En la figura 13 Se aprecia las nuevas estaciones que se implantarían.

Las zonas rojas representan lugares, veredas y algunas estaciones de referencia.

Las zonas amarillas corresponden a las estaciones nuevas que se implantarían, las que están un poco fuera del cauce son las que corresponden a las estaciones de precipitación, las que están dentro del río corresponden a la medición caudal y/o nivel.

Figura 13. Nuevas estaciones propuestas para el monitoreo.



*Fuente: Autoras del proyecto.

Respecto al uso de las estaciones de nivel, cabe aclarar que la variable se mide en la misma estación de caudal, es decir que las estaciones de nivel y de caudal son la misma estación, la forma de medir el caudal está íntimamente relacionada con la forma de medir el nivel.

4. ESPECIFICACIONES PARA LA INSTRUMENTACIÓN

Para implementar un sistema de monitoreo hidrológico en el Río de Oro, que obtenga la información y mediciones de los puntos de observación establecidos en el capítulo tres, es necesario determinar que clase de instrumentos son los necesarios para proveer los datos del recurso hídrico.

Así mismo se deben seleccionar las características que deben poseer los equipos y componentes del sistema para la correcta medición de las variables y el adecuado funcionamiento y adaptación de estos. Igualmente es oportuno establecer que condiciones de ubicación y/o instalación de los instrumentos de medición se debe seguir según las características del río para asegurar pertinencia en los equipos.

Siguiendo con la teoría de especificaciones para el diseño de un sistema, se determinan las clases de equipos existentes y las características que poseen estos instrumentos de medición para las variables críticas seleccionadas (precipitación, nivel y caudal), para así considerar estas especificaciones en un proyecto posterior de diseño de una red de monitoreo hidrológico.

La tabla 22. Relaciona los tipos de instrumentos utilizados con la función específica de la estación.

Tabla 22 . Relación entre instrumentos y estaciones de medida.

Tipo de instrumental	PM	PG	CO	SS	SP	CP	LM	LG
Pluviómetro	X	X	X	X	X	X		
Pluviógrafo		X	X	X	X	X		
Sicrómetro			X	X	X	X		
Anemógrafo				X	X	X		
Heliógrafo					X	X		
Termógrafo					X	X		
Higrógrafo					X	X		

Tanque de evaporación						X		
Actinógrafo					X	X		
Anemómetro						X		
Microbarógrafo					X	X		
Barómetro					X	X		
Limnómetro							X	X
Limnógrafo								X

*Fuente: IDEAM.

4.1 INSTRUMENTOS HIDROLÓGICOS Y CONDICIONES.

Para las mediciones de nivel de agua se utilizan dos tipos de instrumentos: los de lectura directa como lo son la mira hidrométrica o limnómetro, el limnicontacto y el maximétero, y los registradores que se conocen bajo el nombre de limnógrafos. De igual forma para la precipitación existen los pluviómetros y los limnógrafos.

En el caso de cálculo de caudal de un río, por tratarse de un medio natural, no se utilizan los sensores tradicionales de instrumentación industrial, sino que se establece un método que incluye la medición de las velocidades de las corrientes donde se emplean los correntómetros o polinetes que pueden ser de eje vertical u horizontal y en ciertos casos se usan flotadores y trazadores como sales, colorantes y radioisótopos entre otros.

A continuación en la tabla 23 se clasifica los instrumentos de medida según la variable a analizar definiendo los siguientes parámetros:

- Equipo
- Utilidad
- Descripción
- Entrada
- Salida
- Requisitos
- Otros

Tabla 23. Equipos Para Almacenamiento Y Recepción De Datos (Pluviométricos)

FUENTE: Autoras del proyecto

EQUIPOS PARA ALMACENAMIENTO Y RECEPCIÓN DE DATOS (PLUVIOMÉTRICOS)			
Equipo	SUBESTACION DE RECEPCION DE DATOS DE ALERTA	GRABADOR DE DATOS (“DATA LOGGER”) CON TARJETA DE MEMORIA DE CIRCUITOS INTEGRADOS	GRABADOR (“LOGGER”) DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS
Utilidad	Recibe, almacena y presenta datos de precipitación y caudal de las Estaciones hidrométricas y pluviométricas	Medir señales de diversos sensores y almacenar los datos en tarjetas de memoria de circuitos integrados para procesamiento de datos fuera de línea.	Recibir datos de señales de pulsos de contacto desde pluviómetros de balancín o cangilones y procesarlos.
Descripción	<p>La subestación consiste de una antena, receptor de radio, modem, microordenador, cable conector, dispositivo de alarma, reloj de tiempo real, y programación especial. La programación en el microordenador gestiona el ingreso de datos de precipitación y nivel de agua de estaciones remotas, controla los datos para su validación, y los almacena en la base de datos.</p> <p>El operador puede presentar los datos almacenados en varios formatos, enviarlos a un ordenador central y recibir pronósticos de la central, o correr pronósticos directamente con el microordenador. Los datos pueden procesarse o enviarse a una página web.</p> <p>Pueden fijarse niveles de alerta de tal manera que intensidades de precipitación, o niveles de agua superiores a ellos, provoquen una alarma sonora. Las alarmas pueden ser establecidas</p>	<p>El grabador con tarjeta de memoria está diseñado para que los datos medidos se almacenen sobre una tarjeta de memoria de circuitos integrados.</p> <p>La grabación de datos a largo plazo sin fuente de alimentación de corriente alterna es posible por las características normalizadas del procesador, un modo de medición a intervalos en el que la fuente de poder es automáticamente apagada durante los períodos en que no se mide.</p> <p>La termocupla, la resistencia bulbo, o el voltaje de corriente continua de cada canal se seleccionan para la entrada. Un terminal especial permite ingresar frecuencia o pulso según un dispositivo</p>	<p>Este grabador de datos de lluvia se utiliza con pluviómetros de cangilones. Recibe los datos del pluviómetro y los procesa con una unidad microprocesador. Se obtienen gráfica y numéricamente la intensidad y cantidad acumulada de lluvia, así como valores diarios máximos.</p> <p>El rollo de papel debe ser cambiado cada 3 meses.</p>

		La configuración puede hacerse muy fácilmente con el teclado sobre el panel anterior. Los parámetros almacenados en la tarjeta de circuitos integrados son fácilmente recuperables.	
Entrada	Señales de radio transmitidas desde estaciones de precipitación y caudal.	El grabador puede registrar hasta 32 muestras de entrada con un intervalo de 1 min. a 6 horas. Los siguientes tipos de ingreso están disponibles: V(CC): 0-30mV, 300mV, 3V, 30V, y 1V-5V Termocupla: Tipo R, S, B, K, E, J, T Resistencia Bulbo: Pt 100 ohm, JPt 100 ohm Puntos de Contacto: ON/OFF Pulso: 0Hz-10Hz Máximo número de cuenta 29999 Frecuencia: 1Hz-30000Hz La frecuencia de muestreo se determina por Nyquist.	Señales de pulsos de contacto desde pluviómetros de cangilones.
Salida	Datos de precipitación y caudal organizados en una base de datos. Existen varias opciones de presentación, incluyendo cantidades de precipitación por grupos de estaciones, datos de un único sensor y gráficos de precipitación acumulada.	Datos de precipitación y caudal organizados en una base de datos.	Datos almacenados en una tarjeta de memoria de circuitos integrados, listados de impresión y presentación gráfica y de textos en un panel de cristal líquido. Se puede generar una señal de alarma, audible o por pulso de contacto.
Requisitos	a. Se deberían entrenar dos personas en los procedimientos de instalación y mantenimiento. Se necesita aproximadamente una semana de entrenamiento. b. La instalación requiere una o dos personas.	Integrado (preferiblemente inalámbrico).	El grabador requiere una fuente de energía regulada e instalación exenta de vibraciones, altas temperaturas y condiciones húmedas.
Otros	Están disponibles catálogos y especificaciones instrumentales. El equipo está en venta.	Están disponibles catálogos y especificaciones instrumentales. El equipo está en venta.	Están disponibles catálogos y especificaciones instrumentales. El equipo está en venta.

Tabla 24. Especificaciones para Equipos de Medición De Precipitación.

EQUIPOS PARA MEDICIÓN DE PRECIPITACIÓN				
Equipos	PLUVIÓMETRO DIARIO	PLUVIÓMETRO REGISTRADOR	PLUVIÓMETRO DE BALANCIN O CANGILONES	SISTEMA PLUVIOMÉTRICO POR RADAR
Utilidad	Medir precipitaciones totalizadas en 24 horas.	Medir y registrar la cantidad e intensidad de las precipitaciones.	Medir la cantidad e intensidad de las precipitaciones.	Sistema de medición de precipitaciones por medio del radar. Se usa para medir la cantidad de precipitación areal y para la predicción de precipitaciones a corto plazo.
Descripción	La precipitación es recogida en un orificio de 203 mm de diámetro y conducida a través de un embudo a un recipiente receptor. La cantidad de agua recogida cada día se mide con un cilindro de vidrio graduado. El instrumento está hecho de hierro galvanizado y mide una altura de 390 mm.	Utiliza balancines o cangilones detectores de precipitación y una pluma mecánica registradora adaptada para operar a largo plazo (3 meses) en sitios carentes de suministro eléctrico tales como regiones montañosas. Es necesario cambiar el rollo de papel y las baterías del mecanismo de alimentación del papel cada 3 meses. El receptor de precipitaciones tiene 200 mm de diámetro y la capacidad de cada cangilón es 0,5 mm o 1 mm. Tiene una precisión del 3 % en intensidades menores a 100mm/h.	Este pluviómetro de 200 mm de diámetro es un sensor de medida intermitente. El cangilón vuelca el agua de lluvia que recibe del embudo receptor al alcanzar cierto nivel (0,5 mm o 1 mm), y este movimiento es detectado por un lector que envía una señal de pulso de contacto. Se necesitan circuitos detectores para contar con un reloj las señales de pulso de contacto para determinar la cantidad e intensidad de precipitación.	El sistema se compone de cuatro subsistemas principales que son el de radar, el de procesamiento de datos, el de control y el de servicio de datos. La tasa de precipitación se mide en mm/h, hasta una distancia de 198 km (o 300 km) usando una malla polar de 256 sectores (1,4 grados) por 1,5 km. Una vez procesados los datos la malla polar se convierte en una malla rectangular (1 km x 1 km) y se presentan las precipitaciones en pantalla CRT en 9 grados de color.
Entrada	Precipitación real.	Precipitación real.	Precipitación real.	Precipitación real.
Salida	Precipitación diaria acumulada.	Hoja registrada.	Señales de pulso de contacto.	Cantidades de precipitación en cada malla digitalizadas cada 5 minutos. Se presentan también cada 5 minutos las cantidades de precipitación areal. Los productos pueden desplegarse en pantallas remotas

Requisitos	El pluviómetro diario puede ser fabricado en un taller mecánico. Debe ser instalado a una altura normalizada libre de obstáculos que puedan afectar la captación de lluvia.	El lugar de instalación del instrumento debe ser seleccionado libre de obstáculos próximos tales como grandes árboles y edificios, y en terrenos llanos.	El lugar de instalación del instrumento debe ser seleccionado libre de obstáculos próximos tales como grandes árboles y edificios, y en terrenos llanos.	Se necesita personal operativo con experiencia en sistemas electrónicos grandes. Para extender el alcance de observación el subsistema radar debería instalarse sobre la cima de una montaña, transmitiéndose los datos al subsistema de proceso de datos situado en la base de la montaña. Sólo se necesita una construcción simple.
Otros	Necesita mandarse a construir Costo de producción y envío de los planos de diseño	El equipo está en venta. Disponibles catálogos y especificaciones del instrumento.	El equipo está en venta. Disponibles catálogos y especificaciones del instrumento.	El equipo está en venta. Disponibles catálogos y especificaciones del instrumento. Se conecta por red con los otros sistemas.

Tabla 25. Especificaciones para equipos de medición de nivel.

Equipos	LIMNÍGRAFOS TIPO FLOTADOR	ESTACIÓN DE NIVEL DE RÍO (TIPO FLOTADOR)	LIMNÍMETRO DE PRESION	LIMNÍMETRO ACUSTICO	LIMNÍMETRO DE CUARZO	LIMNÍMETRO DE CRISTAL DE CUARZO	LIMNÍMETRO DIGITAL
Utilidad	Medir y registrar a largo plazo el nivel de agua en ríos, presas y mar.	Medir niveles de agua, bien sea en corrientes y lagos, o en sistemas de riego o de saneamiento.	Medir el nivel de agua en canales, ríos, embalses, pozos profundos, etc.	Medir el nivel de agua sin hacer contacto con la superficie de agua.	Medir el nivel de agua con precisión.	Medir el nivel de agua en presas, embalses, mareas y ríos con el más amplio intervalo de medidas posible para un sensor, 10 m a 70 m. Es un limnómetro con ventajas desde el punto de vista económico. método simple de construcción y mantenimiento.	Sensor desarrollado para su uso en estaciones de observación telemétricas y estaciones de drenaje por bombeo. Puede conectarse directamente con procesadores de datos y equipos inalámbricos. Permite mediciones simultáneas y grabación/impresión digital.

<p>Descripción</p>	<p>Los cambios en el nivel de agua son transmitidos de un flotador a dos plumas registradoras (pluma para centímetros y pluma para metros) con una polea y un mecanismo de engranajes. Se dispone opcionalmente de un transmisor telemétrico.</p>	<p>Se sitúa el sensor en un pozo de amortiguación. La unidad consiste en flotador, contrapeso, cadena e un codificador. Cuando el flotador se eleva o desciende con el nivel del agua, la variación se detecta y una señal es enviada a una estación radio transmisora próxima, desde la que es retransmitida a una subestación automática recolectora de datos. Cuando el flotador está en fase pasiva, se utiliza una estación radio transmisora compacta consistente en paquete de baterías, transmisor y antena situada en una estructura en columna. Una precisión y una resolución de 1 % son posibles. Una polea de 30,5 cm daría una precisión y una resolución de 0,305 cm</p>	<p>Este limnómetro utiliza un sensor de presión semi-conductor para medir con precisión el nivel del agua, en un instrumento compacto con estabilidad óptima. El intervalo es hasta 10 m con una exactitud del 0.1 % en toda la escala.</p>	<p>Toma la medida continua de nivel de agua en ríos y presas. Utiliza un transmisor-receptor que opera por el método de reflexión de ondas ultrasónicas, puede medir el nivel de agua sin entrar en contacto con el agua. Por tanto, el instrumento no requiere estructura subacuática como anclajes y pozos medidores, de modo que la instalación puede completarse a bajo costo. Además, las mediciones pueden efectuarse en sitios donde hay crecidas y corrientes rápidas, el lecho fluvial cambia frecuentemente, o la corriente es dificultada por guijarros, escombros, y otros objetos transportados por el agua. La exactitud es de 1 cm y el intervalo de medidas es de 13,5 m.</p>	<p>Este limnómetro se utiliza para la medida de nivel de agua en ríos, canales, acueductos, etc. Para determinar la presión hidráulica se instala un sensor en el fondo del río. Un oscilador de cuarzo es utilizado en el sensor de presión de modo que se obtienen resultados con gran estabilidad y precisión.</p>	<p>La frecuencia del Limnógrafo de Cristal de Cuarzo refleja fluctuaciones de presión tal que cualquier cambio en el nivel de agua, y por tanto en la presión del agua, se convierte en un cambio equivalente de frecuencia del cristal. Esta se convierte en una señal digital para la salida y la pantalla. El mecanismo garantiza datos precisos libres de cualquier dispersión en cualquier circunstancia. Este limnómetro puede funcionar en forma totalmente automática para la medición y grabación del nivel de agua. La frecuencia de salida del sensor permite una medida directa del cambio del nivel de agua como una cantidad digital. Este sensor da una resolución alta debido a una excelente tasa de conversión y un cambio grande en la frecuencia como función de la presión. Compacto y no susceptible a ninguna aceleración ni gravedad, no sufre ninguno deterioro de sus características, por lo que garantiza un consumo mínimo de energía.</p>	<p>Por medio del imán de un flotador se conectan y desconectan interruptores de lectura situado a intervalos de 1 cm. Esto origina una serie de señales eléctricas para la salida. Se puede garantizar 1 cm de precisión con independencia del intervalo total de mediciones. Este limnómetro puede funcionar en forma totalmente automática como un sistema para medir el nivel del agua y grabarlo.</p>
<p>Entrada</p>	<p>Nivel de agua real.</p>	<p>Nivel de agua real.</p>	<p>Nivel de agua real.</p>	<p>Nivel de agua real.</p>	<p>Nivel de agua real.</p>	<p>Presión de agua acompañando un cambio en el nivel de agua.</p>	<p>Nivel de agua.</p>

<p>Salida</p>	<p>Gráficos de nivel de agua. Intervalo 0 a 10 m con una precisión de 1 cm.</p>	<p>Identificador de estación y valor de nivel de agua, para ser recibidos por la Componente "Subestación Receptora de Datos".</p>	<p>Señales analógicas (0V-1V DC y 0V-5V DC) o pantalla de datos digitales</p>	<p>Nivel de agua en una pantalla de datos digitales, como señal digital (B.C.D.) o señal analógica (0V-5V DC y 4mA-20mA DC).</p>	<p>Nivel de agua como señal digital (B.C.D.) o señal analógica (0V-5V DC y 4mV-10mV DC) en una pantalla digital o como un listado de impresión.</p>	<p>La salida externa de esta unidad son señales BCD de nivel de agua a ser enviadas a sistemas telemétricos. Cuando se combina con impresoras/grabadoras digitales o con grabadoras analógicas, es versátil con cualquier grabación de nivel de agua deseado.</p>	<p>La salida externa son señales BCD de nivel de agua a ser enviadas a equipos telemétricos, etc. La grabación e impresión se puede hacer a un intervalo de tiempo predeterminado. En el caso de que un nivel de alarma se supere, los datos se pueden grabar con menor intervalo de tiempo, y se imprime un asterisco junto a los valores correspondientes.</p>
<p>Requisitos</p>	<p>El pozo de observación debería ser de más de 600 mm de diámetro interior.</p>	<p>Se necesitan uno o dos días de entrenamiento. El pozo de amortiguación debería tener suficiente diámetro para minimizar la acción de olas internas y se debería seleccionar adecuadamente la sensibilidad del flotador para prevenir la descarga de las baterías del transmisor debido al envío de señales innecesarias. La batería puede ser recargada con paneles solares o reemplazada anualmente o después de 20.000 transmisiones. Se puede necesitar una torre repetidora</p>	<p>Se necesita un tubo de protección para el sensor, el que se debe instalar donde la corriente es menor.</p>	<p>Se necesita un poste o viga para instalar el limnómetro. El transmisor-receptor debe estar a 1,5 m de la superficie del agua a su máximo nivel, y a un máximo de 15 m del nivel mínimo. Debe evitarse objetos expuestos próximos que puedan ocasionar reflexiones espúreas.</p>	<p>Se necesita una protección del sensor y del cable.</p>	<p>el número de personal de nivel profesional para la instalación, operación y mantenimiento es de por lo menos dos. En el supuesto de grabar los datos medidos in situ, es necesario reemplazar el papel de grabación periódicamente (aproximadamente cada 6 meses, con una hora de impresión por día. Cuando la batería es la única fuente de energía, es necesario reemplazarla periódicamente por una batería cargada. La temperatura ambiente para el sensor es -10 a +40 °C. y es -10 a +40 °C para el codificador, con la humedad 20 a 90%, no permitiéndose ninguna condensación. Hay 4 intervalos diferentes de medición de nivel de agua: 0 a 10 m, 0 a 20 m, 0 a 30 m, 0 a 70 m.</p>	<p>El número de personal de nivel profesional para la instalación, operación y mantenimiento es de por lo menos dos. En el supuesto de grabar los datos medidos in situ, es necesario reemplazar el papel de grabación periódicamente (aproximadamente cada 6 meses, con una hora de impresión por día). Cuando la batería es la única fuente de energía, es necesario reemplazarla periódicamente. La temperatura ambiente para el sensor es -10 a +50 °C y es -10 a +40 °C para el codificador, con la humedad debajo del 90%, no permitiéndose ninguna condensación. Hay 6 intervalos diferentes (por limnómetro) de medición de nivel de agua: 0 a 1 m, 0 a 1,5 m, 0 a 2 m, 0 a 2,5 m, 0 a 3 m y 0 a 3,5 m. De acuerdo al intervalo de mediciones, es posible combinarlos.</p>

Otros	El equipo está en venta. Disponibles catálogos y especificaciones del instrumento.	El equipo está en venta. Disponibles catálogos y especificaciones del instrumento.	El equipo está en venta. Disponibles catálogos y especificaciones del instrumento.	El equipo está en venta. Disponibles catálogos y especificaciones del instrumento.	El equipo está en venta. Disponibles catálogos y especificaciones del instrumento.	El equipo está en venta. Disponibles catálogos y especificaciones del instrumento.	El equipo está en venta. Disponibles catálogos y especificaciones del instrumento.
--------------	--	--	--	--	--	--	--

* Fuente: Autoras del proyecto.

4.2 MEDICIÓN DE LAS PRECIPITACIONES

4.2.1 Instalación De Pluviómetros

En una instalación ideal, el agua recogida en un pluviómetro representará las precipitaciones que se hayan producido en la zona circundante. Sin embargo, en la práctica es difícil crear estas condiciones debido a los efectos del viento, por lo que habrá que prestar gran atención a la elección de la ubicación. Los efectos del viento se pueden considerar desde dos aspectos:

- efectos sobre el instrumento mismo, que en general reducen la cantidad de agua recogida, y
- efectos del emplazamiento sobre la trayectoria del viento, a menudo más importantes y pueden dar resultados superiores o inferiores de la precipitación medida.

El pluviómetro se debe exponer con su boca en posición horizontal sobre el nivel del suelo. Si el emplazamiento lo permite, el pluviómetro deberá estar protegido del viento en todas las direcciones por objetos (árboles, arbustos, etc.), cuya altura sea lo más uniforme posible.

La altura de estos objetos sobre la boca del pluviómetro deberá ser por lo menos la mitad de la distancia que existe entre el instrumento y los objetos (para proporcionarle una protección adecuada del impacto del viento), pero no deberá exceder la distancia existente entre el pluviómetro y los objetos (para evitar la intercepción de parte de la lluvia que llega al pluviómetro). La situación ideal es tener ángulos de 30° y 45° entre la cima del pluviómetro y la de los objetos circundantes.

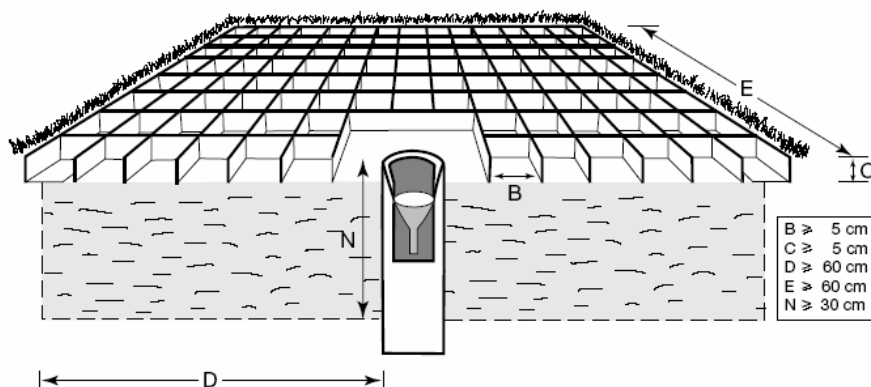
El terreno circundante puede estar cubierto de césped o grava pero una superficie plana y dura como la de cemento origina salpicaduras excesivas. La boca del pluviómetro debe hallarse lo más baja posible con relación al suelo (la velocidad del viento aumenta con la altura), pero ha de estar al mismo tiempo lo suficientemente elevada para evitar que el agua que cae al suelo salpique el pluviómetro.

Otro medio de modificar las inmediaciones del pluviómetro consiste en disponer pantallas apropiadas en torno al instrumento. Cuando están bien concebidas, estas pantallas permiten obtener resultados mucho más representativos que los que se consiguen con los pluviómetros no protegidos, totalmente expuestos al viento.

La protección ideal debe:

- asegurar un flujo de aire paralelo a la boca del pluviómetro;
- evitar toda aceleración local del viento sobre la boca del pluviómetro;
- reducir en lo posible la velocidad del viento que azota lateralmente el pluviómetro; en estas condiciones, la altura de la boca del pluviómetro por encima del suelo reviste mucha menos importancia;
- evitar toda salpicadura en dirección de la boca del pluviómetro; en estas condiciones, la altura de la boca del pluviómetro por encima del suelo reviste mucha menos importancia;

Figura 14. Emplazamiento de un pluviómetro.



4.2.2 Aparatos Registradores

Se utilizan en general tres tipos de registradores, a saber: de pesada, de cangilones y de flotador.

- Pluviógrafo de pesada:

En estos instrumentos se registra en forma continua, por medio de un mecanismo de resorte o de un sistema de pesas, el peso del recipiente y el de la precipitación que se acumula en él. De este modo, las precipitaciones se registran a medida que se recogen. Este tipo de pluviógrafo carece por lo general de un dispositivo de autovaciado, pero por medio de un sistema de palancas es posible hacer que la pluma pase por el gráfico todas las veces que sea necesario. Estos pluviógrafos deben diseñarse de forma que se impidan pérdidas excesivas por evaporación, la cual se puede reducir añadiendo en el recipiente una cantidad suficiente de aceite u otra sustancia que evite la evaporación al formar una película sobre la superficie del agua.

- Pluviógrafo De Flotador

En este tipo de instrumento, la lluvia recogida pasa a un recipiente que contiene un flotador liviano; el movimiento vertical del flotador, al subir el nivel del agua, se transmite por un mecanismo apropiado a la pluma que traza el diagrama. Si se ajustan las

dimensiones del embudo receptor, del flotador y del recipiente que lo contiene, se pueden obtener sobre el diagrama todas las escalas que se deseen.

- **Pluviógrafo De Cangilones**

El principio de este tipo de pluviómetro registrador es muy simple. Un recipiente de metal liviano, dividido en dos compartimientos, se coloca en equilibrio inestable sobre un eje horizontal; en su posición normal, el recipiente reposa sobre uno de sus dos topes, lo que impide que se vuelque completamente. El agua de lluvia es transferida desde un embudo colector ordinario al compartimiento superior; una vez recogido un determinado volumen de lluvia, la cubeta pierde estabilidad y se inclina hacia su segunda posición de reposo. Los compartimientos del recipiente son de forma tal que el agua puede salir entonces del compartimiento inferior y dejarlo vacío, entretanto, el agua de lluvia cae dentro del compartimiento superior que ha vuelto a su posición. El movimiento de la cubeta al volcarse puede utilizarse para accionar un relé de contacto y originar un registro en forma de trazos discontinuos; la distancia entre cada trazo representa el tiempo requerido para la recolección de una pequeña cantidad de lluvia.

La principal ventaja de este tipo de instrumento es que posee un generador de pulsos electrónicos y puede adaptarse para el registro a distancia o para el registro simultáneo de las lluvias y del nivel de un río en un limnógrafo. Sus inconvenientes son:

- la cubeta toma un tiempo reducido, pero determinado, para bascular y durante la primera mitad de su movimiento la lluvia cae en el compartimiento que contiene la lluvia que ya se ha contabilizado. Este error sólo es perceptible en el caso de fuertes precipitaciones ;
- con el tipo de cubeta que se utiliza con frecuencia, la superficie del agua expuesta es relativamente importante y, por consiguiente, se pueden producir pérdidas por evaporación, en especial en regiones cálidas. Esto reviste mayor importancia si las lluvias son escasas;
- debido a la irregularidad del registro, este instrumento no da resultados satisfactorios con ligeras lloviznas o lluvias muy finas. En este caso no puede determinarse con exactitud el momento en que comienzan o acaban las precipitaciones.

4.3 INSTRUMENTOS PARA MEDIR NIVEL EN UN RÍO:

4.3.1 De Observación Directa

Los medidores de niveles de agua de observación directa se dividen en tres clases:

- a) Miras o limnímetros.
- b) Maxímetro.
- c) De contacto o Limnicontacto.

La mira o limnímetro es una regla graduada de un (1) metro, 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.

TIPOS DE LIMNICONTACTOS

Existen varias clases de limnicontactos o sondas, las más usadas son :

- Sonda Luminosa o eléctrica.
- Sonda de Presión

Limnicontactos o Sonda Luminosa:

Este instrumento consiste en una cinta graduada que tiene un dispositivo al final de esta, que al hacer contacto con el agua emite un impulso eléctrico que enciende una lámpara de señal instalada en la bobina en donde se enrolla la cinta, además este tipo de sondas pueden enviar señales acústicas. Son preferencialmente empleadas en profundidades menores de 100 metros; existen varias clases de sondas luminosas, las cuales varían su forma y tamaño según el constructor, pero el principio de funcionamiento es el mismo.

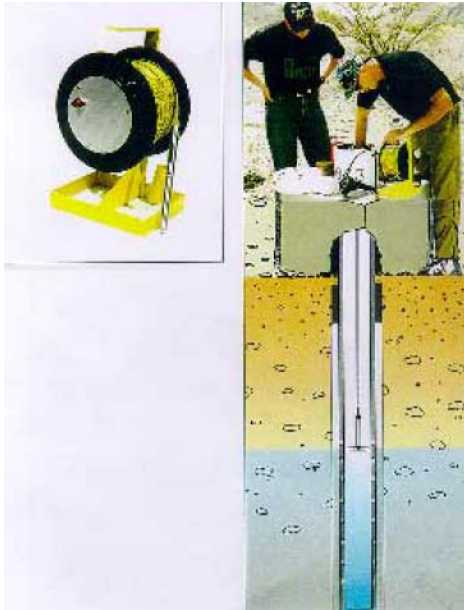


Figura 15. Sonda luminosa.

4.3.2 Instrumentos De Registro Continuo.

Limnógrafos :

El limnógrafo es un instrumento que registra continuamente los niveles de agua en el transcurso del tiempo. Los registradores del nivel o limnógrafo están compuestos fundamentalmente por tres partes o dispositivos: el primero corresponde al elemento sensible, que puede ser un flotador y contrapeso o un manómetro, el segundo que es el sistema que traduce a escala y registra los niveles del agua (eje helicoidal, poleas de escala y sistema inscriptor o de registro), y el tercero, basado en un mecanismo de relojería, alimentado mecánicamente (cuerda) o por medio de baterías (pilas de 6 voltios), que proporciona una escala de tiempo.

El mecanismo o instrumental viene protegido contra la humedad y los animales, instalado en una caja hermética, resistente, en el terreno se alberga una caseta que protege el conjunto, contra las inclemencias del clima y la intervención de personas no autorizadas.



Figura 16. Limnógrafo .

Existen dispositivos que proporcionan salidas de voltaje para representar el nivel de agua, como los transductores de presión y los codificadores de pozos, los cuales graban sus datos en registradores electrónicos, o si se dispone de interfaces apropiadas, los datos se pueden transmitir teleméricamente a través de radio o de sistemas de satélite.

En circunstancias especiales, cuando se necesita información continua e inmediata sobre los niveles de una corriente sea por razones de operación de obras hidráulicas o por alarma ante crecidas, se acopla a los instrumentos registradores un sistema automático que consta de un decodificador, un panel de sensores y una antena, todo este sistema es alimentado por una batería, la cual a su vez es recargada a través de un panel solar, el dato colectado es transmitido a intervalos de tiempo (cada 4 horas) al satélite y este envía a una plataforma central de recepción instalada convenientemente en oficinas. Los datos recibidos se puede manipular (graficar, hacer tratamiento estadístico).

MANTENIMIENTO

Siendo el limnógrafo un instrumento registrador automático, las intervenciones sobre él se limitan al servicio rutinario de verificar el buen funcionamiento y a ciertos ajustes de calibración en caso de necesidad, para esto hay que establecer un calendario con las fechas específicas de rutina.

TIPOS DE LIMNÓGRAFOS

Existen en el mercado internacional diferentes tipos de limnógrafos, pero todos se basan en el mismo principio mecánico de un flotador como sensor, un sistema de inscripción o registro y un mecanismo de reloj.

En el anexo 5 se hará una descripción de dos tipos de instrumentos usados tradicionalmente por el IDEAM y los cuales recomiendan. Estos son:

4.3.3 Frecuencia De Las Mediciones De Nivel

La frecuencia con que debe realizarse el registro del nivel de agua está condicionada por el régimen hidrológico del curso de agua y por el fin que se asigne a la concentración de los datos. Si se requiere un registro casi continuo, las lecturas sistemáticas, dos veces al día, complementadas con lecturas más próximas entre sí durante las crecidas son suficientes para muchas corrientes. Es obligatoria la instalación de limnógrafos en corrientes sujetas a variaciones rápidas. Se utiliza con frecuencia el limnómetro como parte de los sistemas de predicción de crecidas, en lugares donde existen observadores locales que informen a intervalos regulares sobre el nivel del río. Para la predicción o la gestión de crecidas, los sistemas telemétricos pueden emplearse para transmitir datos de cambios de nivel por encima de un valor predeterminado.

Para algunos objetivos, es suficiente tener los niveles máximos durante las crecidas, utilizándose limnómetros de niveles máximos.

4.4 MEDICIÓN DEL CAUDAL

4.4.1 Aforos Líquidos

El caudal puede medirse en un tiempo dado por varios métodos diferentes y la elección del método depende de las condiciones halladas en un emplazamiento en particular, la mayoría de estos métodos están basados en la medición de la velocidad y el área en una sección transversal determinada.

Estos procedimientos consisten en realizar una serie de mediciones en campo que permiten posterior e indirectamente calcular el caudal de una corriente, el cual esta referenciado a un nivel de agua. Se define aforo líquido como el volumen de agua que

pasa a través de una sección transversal de una corriente en una unidad de tiempo, generalmente se expresa en m^3/s o l/s .

Aún no son factibles las mediciones continuas de caudal, de modo que se efectúan mediciones periódicas para determinar la relación entre el nivel y el caudal en la estación de aforo.

TIPOS DE AFOROS

- Aforo por suspensión (puentes y tarabitas)
- Angular (sextante o tránsito)
- Bote cautivo
- Vadeo
- Volumétrico
- Trazadores - Dilución
- Lancha en movimiento
- Flotadores

Para mayor información de los componentes de un aforo ver anexo 6.

4.4.2 Medidores De La Velocidad Del Agua

La velocidad del flujo en un punto determinado se mide generalmente contando el número de revoluciones del rotor de un molinete durante un período de tiempo por lo general 50 segundos. Los molinetes generalmente utilizados son el de cazoletas, con eje vertical, y el de hélice, de eje horizontal las revoluciones se registran en un contador, el cual por cada giro recibe un impulso eléctrico

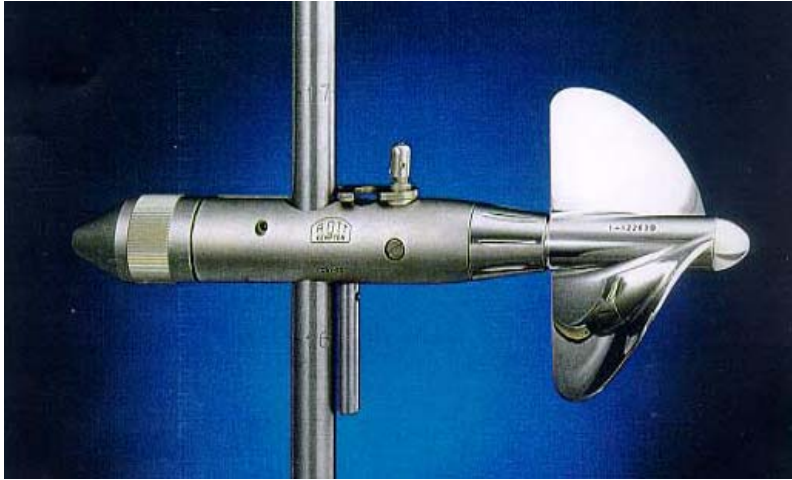


Figura 17. Molinete para calcular la velocidad del agua.

Los molinetes se calibran a fin de cubrir la gama de velocidades de flujo a medirse, la relación entre velocidad del flujo y la velocidad de rotor se expresa generalmente en revoluciones por segundo. Los procedimientos de calibración detallados se describen en la norma **ISO 3455**¹¹.

Los molinetes pueden calibrarse individualmente, o pueden ser calibrados en conjunto, para la primera opción un molinete puede tener una calibración individual en caso que la relación de velocidad - efecto esté basada en una calibración de ese molinete en particular; en caso contrario un fabricante puede suministrar una calibración en conjunto para un determinado tipo de molinete, a condición que la fabricación sea homogénea y se haya realizado un suficiente número de calibraciones individuales bajo condiciones controladas de para justificar una calibración estándar.

A los efectos de la confiabilidad en la curva de calibración o en las ecuaciones de conjuntos, el fabricante o las autoridades en calibración, deberán establecer los límites de tolerancia en el 95 % del nivel de confianza a velocidades de 0,15 m/s., 0,5 m/s, y superiores.

¹¹ ISO 3455:1976 Liquid flow measurement in open channels - Calibration of rotating-element current-meters in straight open tanks

Calibración y la fórmula correspondiente, junto con el molinete, debiéndose registrar para el mismo sus límites reales de calibración; los molinetes calibrados individualmente no deben ser recalibrados, así lo recomiendan fabricantes SEBA Hydrometrie y A.OOT Kempten quienes argumentan que cada hélice tiene una única ecuación y en caso de averiarse o deformarse y es mejor cambiar dicha hélice.

La velocidad se determina en uno o más puntos de la vertical, contando en cada vertical las revoluciones del rotor en un lapso no inferior a los 50 segundos, si se sabe que la velocidad del agua está sujeta a pulsaciones periódicas, es recomendable que el molinete se exponga en cada punto de la nueva sección, durante un período mínimo de 3 minutos.

El molinete debe sostenerse en la posición deseada, por medio de una varilla de vadeo en el caso de los canales de poca profundidad, o se debe suspender de un alambre o cable coaxial desde un puente o embarcación. Cuando se utiliza una embarcación, el molinete debe emplazarse de manera que no se vea afectado por las perturbaciones que sufre el flujo, las cuales son originadas por la obstrucción que causa esta embarcación; una vez que se haya colocado el molinete en el punto seleccionado de la vertical, se le orientará en dirección de la corriente antes de comenzar las mediciones, si no se puede evitar el flujo oblicuo, o el ángulo de la dirección del flujo normal y la sección transversal deben ser medidos y debe corregirse la velocidad medida.

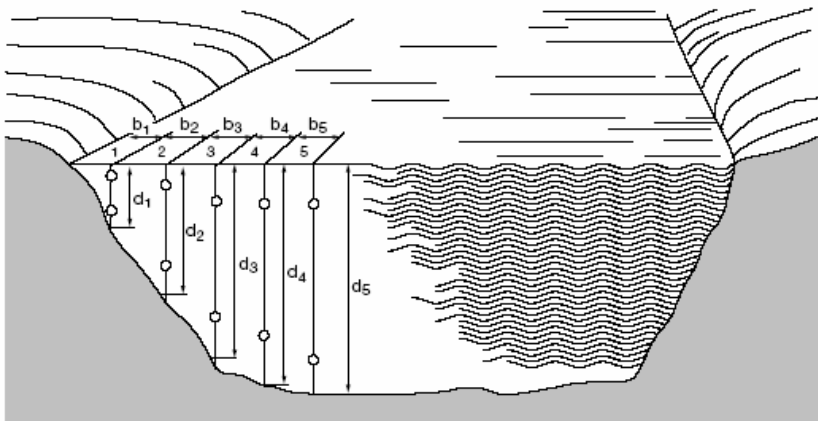
El molinete debería sacarse del agua a intervalos para ser examinado, generalmente cuando se pasa de una vertical a otra; en la cercanía de la velocidad mínima de uso, el error en la determinación de la velocidad se incrementa apreciablemente, con molinetes corrientes, la velocidad mínima para velocidades confiables es 0,15 m/s. Los molinetes especiales que permiten la realización de mediciones confiables por debajo de la velocidad, pueden ser utilizados si han sido ensayados en esta escala de velocidades respecto a su repetición y precisión, antes de la medición.

El eje horizontal del molinete no debe estar situado a una distancia menor que una vez o una vez y media la altura del rotor con respecto a la superficie del agua, ni deberá estar a una distancia menor que tres veces la altura del rotor desde la parte inferior del canal; además, ninguna parte del molinete deberá rozar la superficie del agua.

4.4.2.1 Medición Del Caudal Con Molinete Hidrométrico

La medición del caudal por el método área-velocidad se explica con referencia en la figura. La profundidad del río en la sección transversal se mide en verticales con una barra o sonda. Al mismo tiempo que se mide la profundidad, se hacen mediciones de la velocidad con el molinete en uno o más puntos de la vertical. La medición del ancho, de la profundidad y de la velocidad permiten calcular el caudal correspondiente a cada segmento de la sección transversal. La suma de los caudales de estos segmentos representa el caudal total

Figura 18. Secciones y aforo para medir caudal.



La selección de ubicación cumple:

- velocidades paralelas en todos los puntos y que formen ángulo recto con la sección transversal de la corriente;
- curvas regulares de distribución de velocidad en la sección, en los planos vertical y horizontal;
- velocidades superiores a $0,150 \text{ m s}^{-1}$;
- lecho del río uniforme y estable;
- profundidad superior a $0,300 \text{ m}$;
- ausencia de plantas acuáticas;

Exactitud

La exactitud de estas mediciones de caudal depende de la fiabilidad de la calibración del instrumento de medición, de las condiciones del río y del número de mediciones de la profundidad y la velocidad que se hayan efectuado. Las mediciones se hacen normalmente registrando la profundidad y la velocidad en dos puntos, en cada una de las 20 a 25 verticales de la sección transversal. El error típico para un nivel de confianza del 95 por ciento en este tipo de mediciones efectuadas en condiciones normales, es alrededor de un cinco por ciento.

4.4.2.2 MEDICIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO DEL FLOTADOR

Este método se utiliza cuando no se puede emplear un molinete debido a velocidades o profundidades inadecuadas, a la presencia de material en suspensión, o cuando la medición del caudal deba realizarse en un período de tiempo muy corto.

- Selección De Secciones

Se deben seleccionar tres secciones transversales en un tramo recto del curso de agua. Las secciones transversales deben estar lo suficientemente espaciadas entre sí de manera a medir con exactitud el tiempo necesario para que el flotador pase de una sección transversal a la siguiente. Se recomienda un lapso de 20 segundos, aunque podrán emplearse intervalos más breves en el caso de ríos pequeños en los que la corriente sea muy veloz y en los cuales es a menudo imposible seleccionar un tramo recto de longitud adecuada.

- Flotadores

Se pueden utilizar flotadores de superficie o de varilla. Los flotadores de superficie deben sumergirse a una profundidad inferior a la cuarta parte de la profundidad del agua. No se deberán emplear cuando se tema que la medición pueda ser afectada por el viento. Los flotadores de varilla pueden sumergirse a una profundidad superior a la cuarta parte de la profundidad del río. Los flotadores de varilla no deben rozar el lecho del canal. Durante los

períodos en que las maniobras en el río pueden ser peligrosas, se pueden emplear, como flotadores naturales, árboles o fragmentos de hielo que floten en el río.

4.4.2.3 MEDICIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO DE DILUCIÓN

La medición del caudal por este método depende de la determinación del grado de dilución en el río de una solución trazadora que se añade. El método se recomienda únicamente en lugares donde no se puedan emplear los métodos tradicionales, debido a la poca profundidad de la corriente, a grandes velocidades, turbulencia excesiva o presencia de sedimentos. Los dos métodos principales que emplean sustancias trazadoras son: el método de inyección a ritmo constante y el método de inyección instantánea.

4.4.2.4 MÉTODO DEL BOTE MÓVIL

En este método, se instala en un bote un molinete especialmente diseñado que indica los componentes de la corriente y los valores instantáneos de la velocidad. Las mediciones se realizan atravesando el río a lo largo de un recorrido preestablecido perpendicular a la corriente. Durante la travesía, efectuada sin detenerse, un ecosonda registra la geometría de la sección transversal y el molinete en funcionamiento continuo mide las velocidades combinadas de la corriente y del bote. Estos datos, recogidos en 30 a 40 puntos de observación (verticales) a través del recorrido, se convierten en caudales.

4.4.2.5 MÉTODO ULTRASÓNICO (ACÚSTICO)

El principio del método ultrasónico consiste en medir la velocidad de la corriente a una cierta profundidad, transmitiendo simultáneamente ondas sonoras a través del agua mediante transductores colocados en ambos lados del río. Los transductores, que están diseñados para transmitir y recibir ondas sonoras, se ubican en márgenes opuestas, de manera que el ángulo entre el recorrido de la pulsación y la dirección de la corriente está entre 30° y 60°. La diferencia entre el tiempo que las ondas tardan en cruzar el río aguas arriba y aguas abajo está directamente relacionada con la velocidad media del agua a la

profundidad de los transductores. Esta velocidad puede estar relacionada con la velocidad media de la corriente de toda la sección transversal. Al incorporar un factor de área en el procesador electrónico, el sistema puede totalizar el caudal.

Idealmente, el transductor se debe colocar a una profundidad en la que mida la velocidad media de la corriente. En la práctica, el transductor se fija en una posición, de manera que al cambiar el nivel no está más en el punto de la velocidad media, y entonces se requiere un coeficiente para ajustar la velocidad medida.

En la actualidad se dispone de dos tipos de sistemas ultrasónicos. En el primero los transductores están en una posición fija y la estación se calibra por el molinete; en el segundo, los transductores están diseñados para deslizarse en un dispositivo en forma vertical o inclinada. En este último método, el sistema es de autocalibración y no son necesarias, por lo tanto, las mediciones con el molinete. Al desplazar los transductores verticalmente a diferentes profundidades (en general de siete a 10) se obtienen las lecturas de la velocidad a lo largo de dichos recorridos.

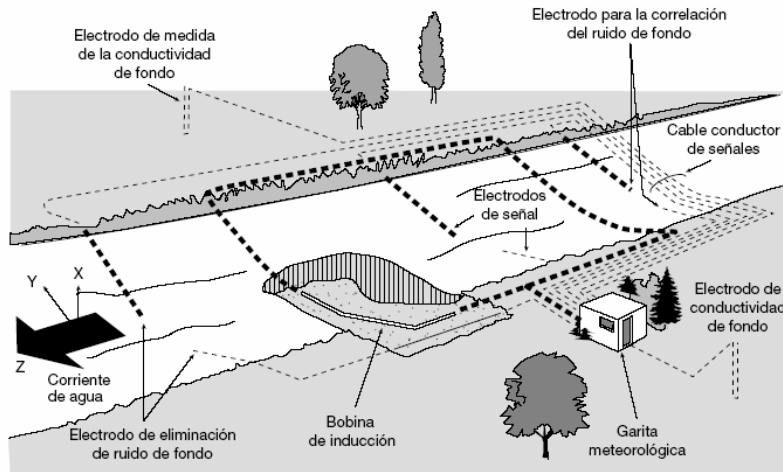
Para cada serie de lecturas, se pueden establecer las curvas de la velocidad en la vertical, en una gama de niveles tan amplia como sea posible.

4.4.2.6 MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO

El movimiento del agua que fluye en un río corta la componente vertical del campo magnético terrestre, por lo que una fuerza electromotriz (fem) es inducida en el agua, y se puede detectar y medir con dos electrodos. La fem, que es directamente proporcional a la velocidad media del río, es inducida a lo largo de todo filamento transversal de agua que corte la línea del campo magnético vertical de la Tierra.

Contiene un diagrama de una estación electromagnética de aforo, donde la bobina está colocada en el lecho y el campo magnético está en la dirección x, la fem está en la dirección y, y el movimiento del conductor, es decir, la corriente del río, está en la dirección z. En la práctica, la mayoría de lechos de los ríos tienen una conductividad eléctrica importante, lo que permite a la corriente eléctrica desplazarse en el lecho.

Figura 19. Método electromagnético para medir caudal.



4.5 ESPECIFICACIONES GENERALES DE INSTRUMENTACIÓN.

- Se debe seleccionar el equipo de acuerdo a las condiciones deseadas para el sistema. Sin embargo, entre diferentes opciones se prefiere los sensores automáticos. Esto obedece a evitar los diferentes errores humanos que han ocurrido en el proceso de toma de datos.
- Al elegir los sensores se busca una tarjeta de adquisición de datos compatible con estos.
- Entre las características básicas para el diseño de un sistema de monitoreo se debe definir claramente al escoger los sensores:
 - Rangos de entrada y salida
 - Impedancias de entrada y salida
 - Frecuencia de muestreo
 - Alimentación
 - Forma de entradas y salidas.
 - Magnitud en que se mide y que se va a analizar.
 - Potencia
 - Peso
 - Tipo de análisis: cuantitativo, cualitativo.
 - Precisión
 - Sensibilidad
 - Exactitud
 - Tipo de variación de la magnitud: creciente, decreciente, histéresis, etc.
 - Resolución

- Posibilidades de transmisión de datos
- Posibilidades de almacenamiento de datos
- Tiempo de operación o ciclo de vida
- Condiciones ambientales donde operará el instrumento(Clima, entorno, etc)
- Calibración
- Forma y costos de mantenimiento
- Costos de instalación
- Garantía
- Costo
- Necesidad de personal entrenado para manejarlo
- Necesidad de conversores de señal(análogo digital, digital/análogo)
- Consideraciones del análisis
- Características dinámicas de la variable a medir (forma, frecuencia, periodicidad).
- Contingencia ante fallos.

Entre las especificaciones del sistema se tiene:

- Amigable para operadores.
- Debe ser adaptable, es decir que si el proyecto es optimizado tiene que transformarse para el nuevo sistema.
- Sistema de comunicaciones acorde a sus necesidades
- Planes establecidos de Backup de datos.
- Otra fuente de alimentación alterna
- Adquisición y transmisión de datos en tiempo real.
- Protocolos de comunicación y adquisición de datos

El sistema hidrológico debe contener estaciones limnigráficas, estaciones pluviográficas, y construcción de aforos que permitan calcular el caudal del río mediante la velocidad del agua en determinadas secciones del aforo del mismo.

De esta forma el sistema debería tener las siguientes características:

- Sensores automáticos de la intensidad de la lluvia y/o de los niveles de inundación localizados en los sectores estratégicos.
- Los sensores de agua deben colocarse y calibrarse en ciertos niveles por debajo de los críticos (según datos históricos que establecen estas cotas), para dar tiempo suficiente a la comunidad para el desalojo de las zonas de amenaza, esto en caso de que se desee implementar un sistema de alerta temprana
- Para Las alarmas conviene tener un sistema que permita confirmar la amenaza y obtener información adicional de su magnitud real. El sistema de alarma debe

incluir varios canales de difusión de la información e incorporar procesos de educación y de actualización. Las alarmas deben ser confiables y creíbles. Deben tener un significado claro para la comunidad. Deben provocar respuestas apropiadas al nivel real de amenaza. Deben ser socializadas con la comunidad y deben tener un manejo y control por parte de las entidades concededoras de los fenómenos hidrológicos.

5. COMUNICACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS

Teniendo claridad sobre las variables a medir, el diseño de la red y los sensores a instalar solo resta definir el sistema de comunicaciones que permita el flujo de datos en tiempo real desde las estaciones ubicadas en el río, hacia una estación base ubicada en una entidad encargada del manejo hidrológico del Río de Oro (IDEAM, CDMB) donde se recolectan los datos para su posterior análisis. Por lo tanto, a continuación se hace una comparación entre diferentes sistemas de comunicación y se elige la opción que se considera más adecuada para transmitir los valores a medir en el monitoreo de las variables del sistema.

La transmisión de datos obtenida por el sistema de monitoreo desde cada estación permite la unificación de datos en la estación central para elaborar un análisis detallado que establezca factores como trazabilidad entre las estaciones, correlación entre las variables, pertinencia de los datos, cotas de inundación para cada variable hidrometeorológica medida y un posterior establecimiento de diferentes alertas por lluvia, nivel y caudal en base a la información histórica almacenada.

5.1 LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Las telecomunicaciones comprenden los medios para transmitir y recibir señales, imágenes fijas o en movimiento, sonidos y datos de cualquier naturaleza entre dos o más puntos geográficos o cualquier distancia a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos. Estas han evolucionado rápidamente por la convergencia de diferentes tecnologías que han posibilitado la interconexión de equipos o dispositivos electrónicos en varias direcciones.¹²

¹² Tomado de RONCANCIO, Rafael. Instrumentación Electrónica. UIS. Guía de clase.

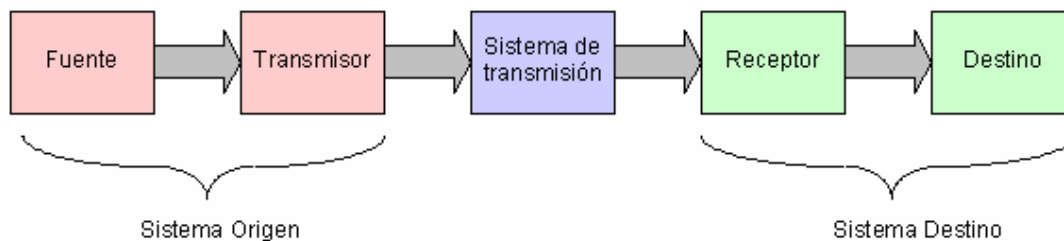


Figura 20. Proceso de las comunicaciones.

*Fuente: autoras

Para llevar a cabo una comunicación de cualquier clase, es necesario seguir un proceso que conlleva componentes fundamentales como el transmisor, el receptor y el medio a través del cual se transfiera la información. (Fig. 21.)

En los sistemas electrónicos los medios de transmisión pueden ser guiados (sistemas cableados) que deben su nombre a que la transmisión se guía o confina en un cable y los medios no guiados (sistemas inalámbricos) cuyo medio es el aire. En ambos casos la transmisión se hace con ondas electromagnéticas.

En los medios de transmisión guiados, la capacidad del canal, en términos de velocidad de transmisión o ancho de banda, dependen drásticamente de la distancia y del tipo de enlace utilizado, es decir punto a punto, punto-multipunto o multipunto. En los medios no guiados, tanto la transmisión como la recepción se lleva a cabo mediante antenas que pueden usar básicamente de dos configuraciones: direccional en cuyo caso las antenas de emisión y recepción deben alinearse perfectamente para transmitir y recibir el haz y la antena omnidireccional que irradia en todas las direcciones permitiendo que la señal se reciba en diferentes antenas. A su vez estos medios de transmisión pueden ser de diferentes clases según el sistema que utilicen.

5.2 Ventajas y desventajas de los medios de comunicación

A continuación, en la tablas 26 y 27 se observa la clasificación de los medios de transmisión y algunos de sus sistemas con sus principales ventajas y desventajas.

	SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MEDIOS GUIADOS (CABLEADOS)	Cable Metálico (Sistema Telefónico)	Economía en zona urbana	Transmisión limitada por el medio guiado
		Familiaridad en su operación	Problemas de intermodulación
		Fácil forma de implementación	Baja confiabilidad
		Tecnología conocida	Escaso ancho de banda
		Buen papel como backup	Bajas velocidades de transmisión
		Sencillez para reemplazar o reparar	Infraestructura costosa en zona rural
		Transmisión de voz, datos, sonidos e imágenes por acción de corrientes eléctricas u ondas electromagnéticas	Es común la pérdida de transmisión en zona rural por tormentas
	Par Trenzado	Flexibles y fáciles de implementar	Gran susceptibilidad a la interferencia y al ruido.
		Rendimiento aceptable	Baja confiabilidad
		Bajo costo	Transmisión limitada por el medio guiado
		Fácil mantenimiento	Dependencia logarítmica con la distancia
		Fácil manipulación	Bajas velocidades de transmisión
		Usado para transmisiones análogas y/o digitales	Gran atenuación
		Reducción de interferencia eléctrica de pares cercanos (diafonía)	Ancho de banda depende del grosor y la distancia del cable
Buenas características contra radiaciones electromagnéticas	Para señales analógicas se necesitan amplificadores cada 5 o 6 km y para las digitales es cada 2 o 3 km.		
	Es común la pérdida de transmisión en zona rural por tormentas		

Cable Coaxial	Útil para telefonía a larga distancia	No es flexible por lo que es difícil de instalar
	Menos susceptible a interferencias	
	Transmite información tanto en frecuencia intermedia (IF) como en banda base	Susceptible a ruido térmico y atenuación
	Opera sobre un rango mayor de frecuencias que el par trenzado	Usado especialmente para distribución de televisión y redes LAN
Fibra Óptica	Medio flexible	Medio liviano y frágil
	Gran ancho de banda	Difícil de adaptar a zonas rurales
	Gran velocidad de transmisión	Altos costos de instalación
	Menor tamaño y peso	Mantenimiento y reparación difícil y costoso
	Muy resistente a condiciones atmosféricas extremas	Reducción en la potencia de la luz por pérdidas por dispersión de Rayleigh, por absorción, radiación, dispersión cromática, dispersión modal y acoplamiento
	Común y de buen rendimiento en distancias cortas y largas	
	Muy poca atenuación	Pérdidas por empalmes y acoplamiento o por curvaturas y defectos de fabricación
	Muy segura	
	Mayor separación entre repetidores	
Inmune a la inducción magnética y a la interferencia estática	Pérdidas por absorción, por dispersión de Rayleigh, por dispersión cromática, dispersión modal y radiación	

Tabla 26. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MEDIOS CABLEADOS.
FUENTE: AUTORAS

	SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
MEDIOS NO GUIADOS (INALÁMBRICOS)	Vía Radio	Bajo costo de implementación	Cuando sistemas repetidores cuando no hay línea de vista
		Sistema adaptable a terrenos inhóspitos	Mediana Confiabilidad
		Trabaja a velocidades de 9600Bps	Puede requerir licencias para operación en algunas frecuencias ante la escasez debido a crecimiento de la demanda
		Mantenimiento y reparación fácil y económica	La potencia disminuye con la distancia y con atenuación por obstrucciones
		Fácil manipulación	Atenuación ante separación grande entre antenas
		Bandas especiales para telemetría y para prevención de desastres en UHFy VHF asignadas por el Ministerio de Comunicaciones	
		Infraestructura existente	
		Costos de operación controlados	
		En línea de vista requiere menor consumo de potencia	Mala antena o mal acople de impedancia entre transmisor y antena produce pérdidas de potencia
	UHF libre de ruido y efectos secundarios producidos por ducting		
Microondas	Comúnmente utilizadas	Pérdidas por interferencia	

		Gran ancho de banda en frecuencias del orden de 10GHz	Atenuación aumenta con la lluvia por absorción de agua
		Grandes velocidades y grandes distancias	Altos costos de inversión inicial si no se usa infraestructura existente
		Antenas económicas y pequeñas	Obstrucción por edificios
		Diversidad de opciones de antenas	Necesitan repetidores para superar la curvatura de la tierra
		Usadas para superar los cuellos de botella de última milla de otros sistemas de transmisión	
		Familiaridad en su operación	
		Los repetidores son menos que para cable coaxial y generalmente no necesita amplificadores	
		Costos de operación controlados	
		Generalmente existe infraestructura necesaria para operación	
	Guía de Onda		Opera en frecuencias de microondas
		Gran ancho de banda	Depende de la frecuencia
		Bajas pérdidas en la señal para alta potencia	
Celular		Fácil acceso	En Colombia no se ha reglamentado un estándar ni

CDPD		las bandas de frecuencia para servicios de emergencia
	Gran cobertura de infraestructura existente	Puede presentar baches, ecos, interferencias, interrupciones, sonido de fondo en la comunicación
	Familiaridad en su operación	Necesita estaciones repetidoras
	Gran cantidad de usuarios	Por la geografía colombiana requiere de muchas antenas
	Movilidad	Necesita acuerdos de operación y tarifación con compañías operadoras
	Tecnología en constante evolución	
	Terminales con funciones de visualización 'in situ'	
	Fácil integración con las redes existentes	Es un sistema costoso
	El usuario no requiere tramitar licencias	Mediana confiabilidad
	Comunicaciones mayores a 9600Bps	La tarificación cobra la cantidad de bytes a transmitir por la red más la verificación de paquetes por lo que a mayor seguridad de transmisión mayor costo
	Comparte la red celular de forma transparente	La transmisión depende de otros
	Se tarifica por bytes transmitidos y no por tiempo al aire	Queda sin servicio al hacer mantenimiento general del sistema
	Al ser desarrollado en bases abiertas, los	

	suscriptores pueden elegir equipo, software y servicios	
Satelital	Elude barreras naturales	Altos costos de inversión
	En caso de falla de alguna estación el resto del sistema sigue funcionando normalmente	Sensible a fenómenos naturales como la lluvia, nieve, manchas solares, etc
	Complementan las redes terrestres logrando cubrimiento terrestre total	Demoras de propagación
	Insensibilidad a las distancias	Grandes pérdidas debido a la distancia en el enlace satelital a tierra
		Limitación de la potencia de enlace y presencia de ecos

Tabla 27. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE MEDIOS INALAMBRICOS.

Fuente: autoras

La tabla 27 permite descartar opciones para elegir el medio de transmisión de acuerdo a las condiciones de la región y las necesidades del sistema. La selección adecuada del mejor servicio y medio de transmisión es de gran importancia para operar óptimamente.

Algunos parámetros que se presentaron en la tabla y a tener en cuenta para elegir el medio de comunicación son:

- Cobertura de la zona.
- Integridad de los datos.
- Seguridad y privacidad.
- Costo.
- Integración.
- Capacidad del canal: velocidad de los datos, ancho de banda, ruido y tasa de errores.
- Envío y obtención de datos en tiempo real.
- Adaptación. Futura expansión de la red.

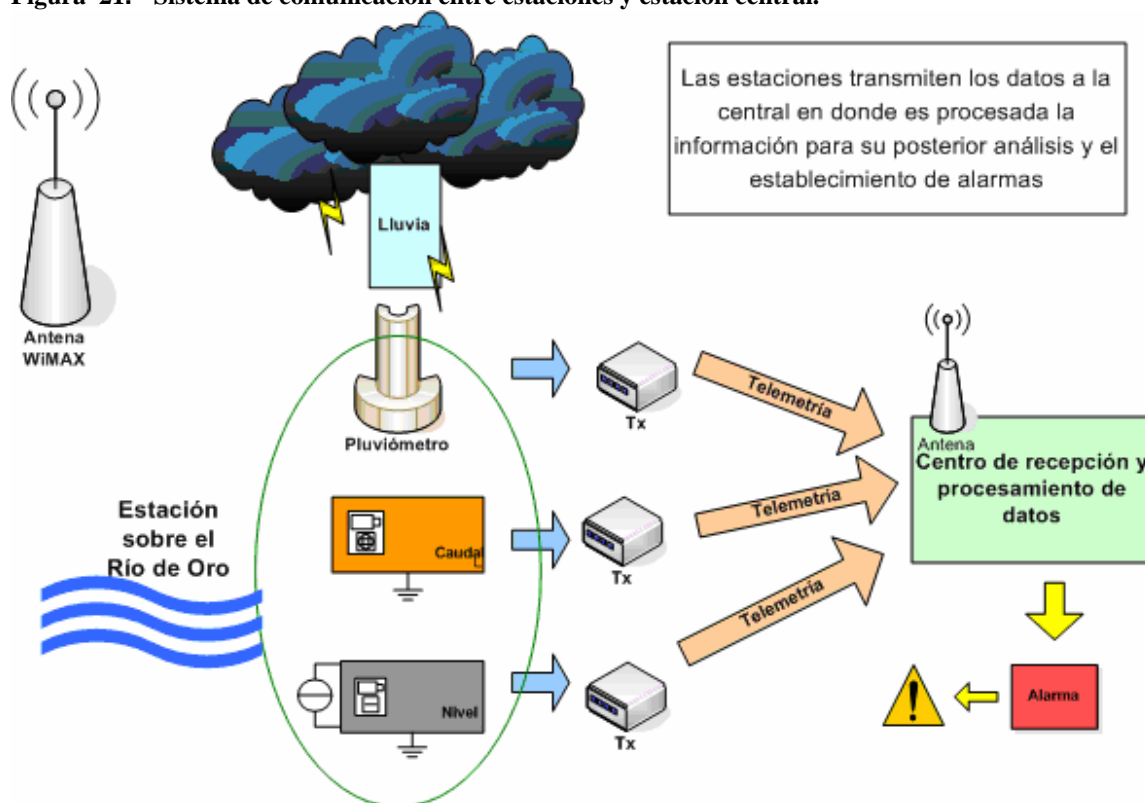
Después de considerar diferentes opciones de sistemas de comunicación que se ajustaran a las características de los sitios implicados, se concluyó que un enlace inalámbrico es la alternativa más viable para presentar en este proyecto debido a las siguientes consideraciones:

La comunicación inalámbrica permite el intercambio de información en casi cualquier lugar y tiene ventajas sobre el medio guiado en condiciones como las planteadas para el sistema de monitoreo puesto que suele ser costoso tender fibras o cables hasta sitios remotos y aunque el río pase por el casco urbano de los municipios y estos tienen redes cableadas, existen zonas (estaciones) alejadas que no cuentan con estos servicios. La transmisión de información por cable en zona rural se pierde en circunstancias de tormenta siendo esta una condición crítica dentro de un estado de emergencia (GEotecnología). Otro factor importante es que en una situación de emergencia es muy posible la obstrucción prolongada de las vías intermunicipales con lo que la información y la intervención se ven atrapadas principalmente en el sector de Girón. La comunicación

inalámbrica aseguraría el envío de datos continuo y un diagnóstico del panorama real en que suceden los hechos impidiendo un aislamiento de la zona ante la ocurrencia de un desastre por colapso del sistema de comunicación.

El sistema de comunicaciones en general es el planteado en la figura 20. (inicio del capítulo) y por lo tanto se puede describir como se presenta en la figura 21 siendo el sistema origen las estaciones remotas ubicadas a lo largo del río que deben contar con un dispositivo de transmisión inalámbrica para envío de datos; el medio de transmisión es el aire al ser elegida la transmisión inalámbrica y la estación central actúa como receptor para lo cual debe tener una antena omnidireccional, es decir que irradie en todas las direcciones para que le permita recibir la información desde todas las estaciones remotas. Además dependiendo de las características específicas de la antena se necesitarán dispositivos repetidores que permitan cubrir el trayecto entre estaciones central y remota. Con las ventajas de conectividad inalámbrica como: movilidad, flexibilidad y seguridad, la utilización de estas tecnologías dinamiza las comunicaciones entre estaciones remotas y centrales de control.

Figura 21. Sistema de comunicación entre estaciones y estación central.



*Fuente: Autoras del proyecto.

Es importante ahora definir el concepto de estación central: esta es la encargada de recolectar todos los datos enviados por las demás estaciones remotas y almacenarlos para su posterior tratamiento. Debido a la función tan importante que maneja, esta estación estará ubicada en alguna de las dos entidades gubernamentales regionales encargadas del manejo de los recursos hídricos como son el IDEAM y la CDMB. La forma de tratamiento de datos ya no compete a los objetivos de este proyecto, solo la transmisión de estos. La ubicación de la estación central será en la sede principal de alguna de estas dos entidades que están en Bucaramanga. La dirección de la CDMB es Carrera 23 No 37-63. La Dirección del IDEAM es Avda Quebradaseca No 30-12 piso 2.

Esta estación debe ser un cuarto de comunicaciones dentro del edificio que cuente con ciertas características que le permitan recibir y procesar adecuadamente los datos:

- Tener un componente inalámbrico de la red que configure y permita la comunicación entre la red de monitoreo.

- Mínimo un computador robusto exclusivo para telemetría conectado a la red. En este equipo debe existir una base de datos que recoja la información de las estaciones y la almacene.
- Mínimo un computador robusto exclusivo para análisis hidráulicos conectado al computador de telemetría. Este debe contar con un graficador de los datos
- Sistema para emitir alarmas en caso de que estas sean generadas.
- Afuera del edificio debe estar ubicada una antena omnidireccional y según el estudio de ganancias tener los amplificadores y las protecciones necesarias.
- El espacio del cuarto de telecomunicaciones debe ser utilizado exclusivamente para funciones de telecomunicaciones y servicios auxiliares relacionados con estos, y por ningún motivo debe ser compartido con instalaciones eléctricas diferentes a las requeridas por los equipos. Es preferible que sea usado sólo para la estación central
- No debe estar cerca de lugares que se pueden inundar, como cerca de baños, o sitios que puedan presentar fugas de agua.
- Debe evitarse fuentes de vapor, excesiva humedad y ambientes corrosivos que dañen equipos o conexiones.
- Debe estar alejado por lo menos 3 metros, de toda fuente de interferencia electromagnética (EMI). No debe quedar cerca de transformadores eléctricos, motores y generadores de corriente alterna, equipos de rayos x, transmisores de radar o radio, u otros equipos que generan alta inducción.
- Todos los componentes metálicos tanto de la estructura (tuberías y canaletas entre otros) como del mismo cableado (blindaje paneles y equipo) deben ser debidamente llevados a tierra para evitar descargas por acumulación de estática. Todas las salidas eléctricas para computadores deben ser polarizadas y llevadas a una tierra común
- El sistema de aire acondicionado debe estar diseñado para operar continuamente durante las 24 horas y los 365 días del año. La temperatura y humedad en el interior del cuarto de telecomunicaciones debe ser controlada para proporcionar rangos de operación continua de 18o C a 24o C con 30% a 55% de humedad relativa. Dependiendo de las condiciones ambientales locales del sitio, se puede

requerir que el sistema de aire acondicionado tenga la facilidad de humidificación y deshumidificación del ambiente.

- Al utilizar baterías para el respaldo de la alimentación eléctrica de los equipos, en caso de una falla de la energía eléctrica primaria, se debe tener una adecuada ventilación en el interior del cuarto de equipos, de tal forma que impida la concentración de gases tóxicos.
- Los sistemas auxiliares para la operación de los equipos, tales como tableros para alimentación eléctrica, equipos de aire acondicionado, y unidades de energía ininterrumpible de hasta 100KVA, pueden instalarse en el interior del cuarto de equipos. Las unidades de suministro de energía ininterrumpible mayores de 100KVA se recomienda se instalen en un lugar separado al cuarto de equipos.
- Los computadores deben contar con supresores reguladores y sistemas de energía ininterrumpible (UPS).
- Demás equipos periféricos necesarios como impresoras, MODEM, etc.
- Plan de soporte técnico y mantenimiento de equipos.
- Plan de backup a datos recolectados.

Una vez establecidos las especificaciones para la estación central, se establecen los requerimientos con los que debe contar el sistema de comunicaciones (enlace entre estaciones central y remotas ubicadas en el Río de Oro):

- Planos de conexión del sistema de comunicaciones.
- Especificaciones técnicas de los equipos utilizados y manual en cada estación para posible reparación o labores de mantenimiento.
- Definición de estaciones base o celdas a partir de la especificación de los parámetros técnicos necesarios. (banda de frecuencia, esquemas de modulación, potencia de transmisión, sensibilidad de recepción, tipos de antenas, alimentación, polarización, etc).
- Definición de los modelos de propagación y los parámetros de cálculo a aplicar.
- Realización de planes de frecuencia en forma automática optimizando el espectro y calculando las interferencias.

- Disponer de funcionalidad que permitan la administración de bases de datos internas o externas que faciliten la planeación.
- Predecir los cubrimientos e interferencias de las celdas teniendo en cuenta la altimetría y morfología del terreno.
- Realizar análisis de potencia transmitida y recibida.
- Predecir y optimizar las interferencias co-canal y de canal adyacente.
- Realizar dimensionamiento de elementos requeridos y adaptación a posible crecimiento del sistema.
- Disponer de un módulo o aplicación específica para planeación de redes (WiMAX y WiFi bajo estándares IEEE 802.16-2004 y 2005 y 802.11 respectivamente), si llegara a ser necesario.
- Establecimiento de protocolo de redes de comunicaciones (TCP/IP recomendable; modelo OSI)
- Permitir el manejo de software especializado y exportar los resultados de las simulaciones a formatos comerciales de sistemas de información geográfica.
- Definir los aspectos de seguridad.
- Planeación y realización de backup en un tiempo determinado según las necesidades actuales del sistema.(Estación central)
- Licencias de utilización de software si es necesario incluidos sistemas operativos, bases de datos y dispositivos de comunicación.
- Elaboración de mapas de cobertura estimada.
- Diseño final de la red (WiMAX o Wi-Fi, UHF, VHF, etc) con las condiciones propias de la red.
- Esquemas de posibilidad de acceso y circulación de personal a la zona
- Elementos de respaldo para energía, temperatura y humedad
- Plan de soporte técnico y mantenimiento de equipos.

Una vez escogido el medio de transmisión se elaboran varias propuestas que permitan la comunicación entre las estaciones ubicadas a lo largo del río y la estación central descrita anteriormente.

5.3 Propuestas de comunicación para las estaciones.

Opción 1

Teniendo en cuenta que Bucaramanga es una ciudad pionera en Latinoamérica a nivel de conectividad inalámbrica se busca aprovechar la facilidad de conexión desde cualquier parte de la ciudad a altas velocidades. Aunque la señal en algunos sectores todavía se encuentra en periodo de prueba, para el tiempo en que se implemente esta propuesta ya debe estar plenamente examinada y caracterizada la red.

WiMax o Worldwide Interoperability for Microwave Access forum es la organización promotora de esta tecnología utilizada para proveer accesos a redes metropolitanas cuya ventaja principal se centra en la rapidez de instalación así como las velocidades que logra alcanzar. Adicionalmente este estándar contempla características de seguridad y calidad de servicio que le permiten soportar voz y video a través de TDM o sobre protocolo IP.
¹³www.crt.gov.co/Documentos/ActividadRegulatoria/masificacionBandaAncha/LineamientosPoliticaBA.pdf

La Red Wi-Fi tiene una frecuencia de operación de 2.4 GHz (IEEE 802.11 b y g), y WIMAX tiene una frecuencia de operación de 5.8 GHz (802.16e) siendo una red de acceso inalámbrico fijo de banda ancha (BWA) punto - multipunto. Basado en WiMAX e IP PMP de bajo costo y alto desempeño. Telebucaramanga

¹³ Fuente: www.crt.gov.co/Documentos/ActividadRegulatoria/masificacionBandaAncha/LineamientosPoliticaBA.pdf

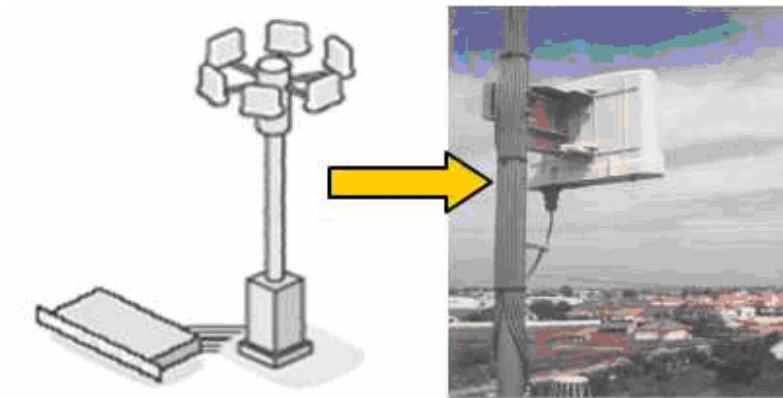


Figura 22. Antena Wi-Fi.

*Fuente: Telebucaramanga

La ciudad actualmente cuenta con una infraestructura de dos nodos WiMAX con tres antenas sectoriales cada uno (Apertura de 120° $R_a=10\text{km}$) con capacidad de transmisión de datos de hasta 70 megabits por segundo (Mbps), ubicadas en el cerro de la Trinidad y en el alto de los Padres (Gualilo). También cuenta con de 106 nodos Wi-Fi (16 antenas) en el resto del área metropolitana exceptuando Piedecuesta con un radio de cobertura de 1km cada uno como se muestra a continuación en la figura 23. Esta infraestructura es suficiente para cubrir el sector donde se ubican las estaciones de monitoreo así como la estación central que es la encargada de recopilar la información obtenida e incluso toda Bucaramanga, Floridablanca y Girón; pues los municipios se ubican en medio de los dos cerros donde están las antenas y como es sabido la ciudad no está saturada de frecuencias y no tiene edificios muy altos que puedan interferir la señal.



Figura 23. Adaptación del Mapa de la zona de interconexión inalámbrica.

Fuente: Telebucaramanga,

Esta tecnología compite por las tecnologías conocidas en telecomunicaciones como 'de última milla', en donde se concentra la principal fuente actual de cubrimiento pues, al ser inalámbrica, es más barato instalar antenas WiMax para llevar internet a zonas alejadas donde tender una red de cobre o fibra óptica es exageradamente costoso y difícil, como zonas rurales (campo) o de acceso complicado en las ciudades (zonas montañosas). Tales ventajas aplicables a este proyecto (adicionales a las técnicas) se resumen en sus bajos costos de implementación (30.000 dólares en promedio para el costo de las antenas

que ya están implementadas) y en la rapidez con que se puede iniciar el servicio para un operador que ya cuente con una red telecomunicaciones.

El Ministerio de comunicaciones mediante la resolución 689 de 2004 busca promover el uso de tecnologías inalámbricas de acceso de banda ancha, por lo cual se atribuyen bandas de frecuencias de libre utilización dentro del territorio nacional, mediante sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbrica de área local y municipal, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, tales como Wi-Fi y WiMAX(aprobado a partir de enero de 2003).

A través de esta resolución, se atribuyen dentro del territorio nacional, a título secundario, para operación sobre una base de no-interferencia y no protección de interferencia, los siguientes rangos de frecuencias radioeléctricas para su libre utilización¹⁴:

- a) Banda de 902 a 928MHz.
- b) Banda de 2400 a 2483.5 MHz.
- c) Banda de 5.150 a 5.250 MHz.
- d) Banda de 5.250 a 5.350 MHz.
- e) Banda de 5.470 a 5.725 MHz.
- f) Banda de 5.725 a 5.850 MHz.

Esto permite disminuir costos asociados a contratos con proveedores del servicio.

El funcionamiento de la solución es sencillo. Los datos recolectados serán enviados desde cada estación vía internet por medio del dispositivo seleccionado (dispositivo Wi-fi o un adaptador a Ethernet, modem RF,interface) a la estación central que cuenta con un dispositivo inalámbrico (dispositivo Wi-fi, laptop central o PDA de persona a cargo con propiedades Wi-Fi) que le permita recibir las señales enviadas.

Esta red de datos es considerada una red MAN (Metropolitan Area Network) ya que conecta áreas geográficas extensas pero sin salirse del área metropolitana de

¹⁴ Ibid.

Bucaramanga. La conexión es punto- multipunto con topología en estrella que es la que conecta a los equipos con un controlador central (ubicado en la estación central) encargado de realizar gestión de recursos y conmutación. Esta opción fue escogida debido a que es la que mejor se adapta a las características geográficas de la zona teniendo en cuenta la comunicación planteada. A continuación se describe la topología de la red para la zona de interconexión planteada (Fig. 24):

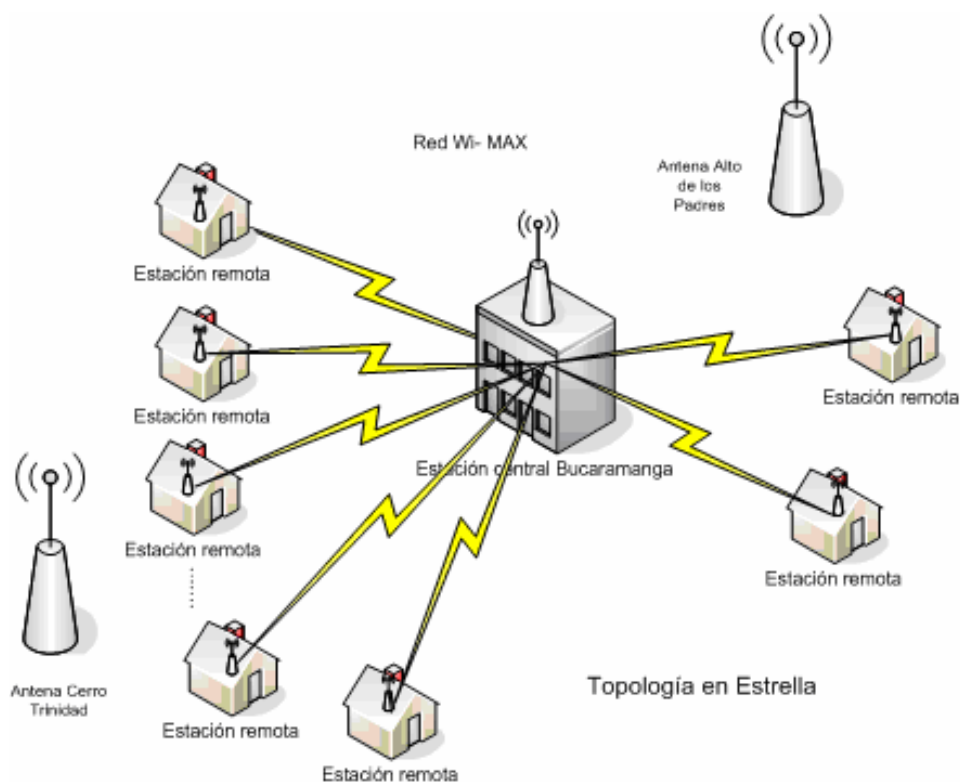


Figura 24. Conexión topología en estrella.

Opción 2

Inicialmente se ubican zonas con línea de vista entre sí, preferiblemente entre estaciones o con la estación base. Por tanto se plantea como solución la implementación de un enlace múltiple (WDS). Básicamente una red WDS (Wireless Distribution System) es una red de topología de anillo con la cual podemos enlazar varios equipos de manera inalámbrica para crear una red con más cobertura.

Se utiliza el protocolo de comunicación IEEE 802.11g que usa banda de frecuencia de 2.4GHz (banda libre) y opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s.

El diseño del sistema a implementar se fundamenta en redes de área local inalámbricas (WLAN) con las siguientes especificaciones:

- En la estación base el computador que reciba los datos debe además de la capacidad para almacenamiento de los datos y el software necesario para realización de análisis, tener una tarjeta de red que maneje tasas de transferencia de 10/100Mbps.
- Un adaptador de comunicaciones en cada estación para convertir el puerto serial en un puerto ethernet con el fin de acceder a la red inalámbrica ya que ethernet es la tecnología de redes de área local por excelencia. Se basa en tramas de datos, estandarizada por la especificación IEEE 802.3 que define la forma en que los puestos de la red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido.
- En los sitios elegidos se deben ubicar las antenas direccionales para 2.4 Ghz outdoor de ganancia adecuada según las distancias de los puntos a la altura mínima especificada en la hoja de datos y sus respectivos conectores y repetidores de ser necesarios.
- Protocolo TCP/IP que es un estándar que permite la comunicación entre equipos de diferentes fabricantes que cuenta con detección y control de errores.
- Cada estación contará con un router que soporte redes WDS y VPN(Virtual Private Network) para simular una red privada en cuanto al manejo de la seguridad de la transmisión.
- Si se necesitara software para el análisis de datos, debe poseer las respectivas licencias de funcionamiento.

Un diseño similar para esta opción puede ser implementada con AP *Access Point* que pueda configurarse en modo *bridge* (en lugar de los *routers*) para acceder a la red inalámbrica WLAN, básicamente ellos van a transmitir la información en enlaces punto a punto hasta llegar al destino final.

La conexión se maneja con enlaces punto a punto teniendo en cuenta que los datos se envían cíclicamente en periodos de 10 minutos. La topología es anillo pues se conecta una estación con la siguiente y así sucesivamente hasta que complete un anillo. La siguiente gráfica (Fig. 25) muestra el tipo de interconexión entre estaciones.

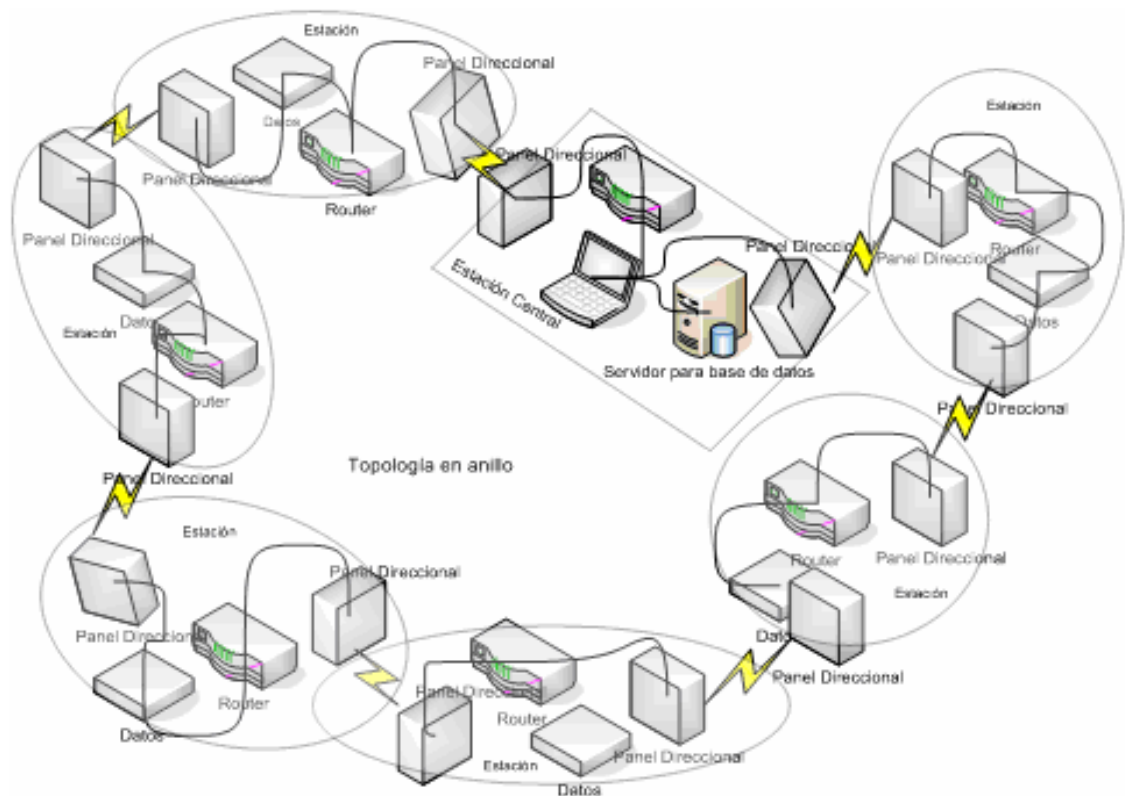


Figura 25. Conexión topología en anillo.
Fuente: autoras de proyecto.

Opción 3

Comunicación vía radio en frecuencias libres VHF o UHF asignadas por el ministerio de comunicación para los servicios radioeléctricos de socorro y seguridad de la vida humana, de ayuda a la meteorología y a la navegación aérea o marítima. Para esta opción las estaciones traen incluido el protocolo de comunicación. A continuación se

muestra un diagrama de las bandas otorgadas por el ministerio de comunicaciones para emergencias ciudadanas. (Fig. 26)

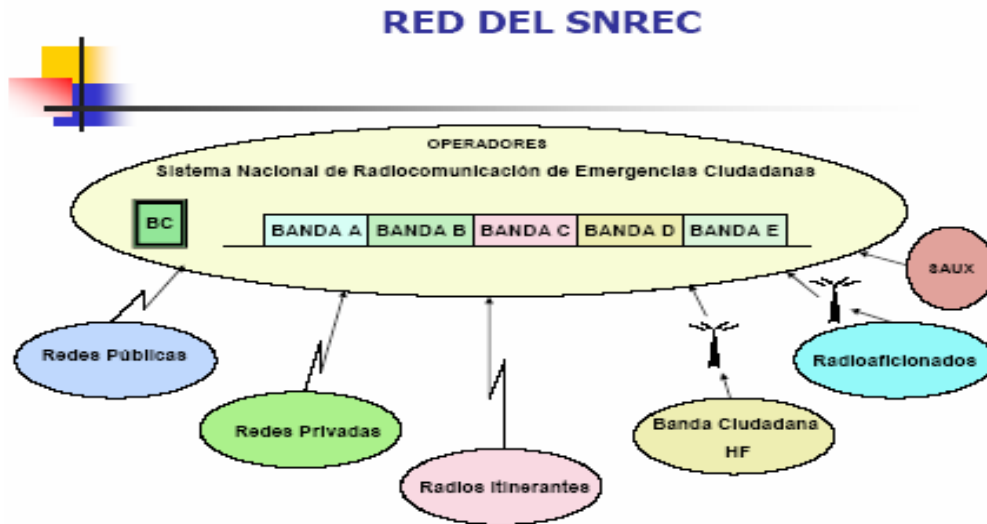


Figura 26. Red del SNREC.

Fuente: CRT, Autor: Ministerio de Comunicaciones.

Esta alternativa consiste en la transmisión inalámbrica de ondas de radio a alta frecuencia entre dos puntos. A través de esta tecnología pueden obtenerse velocidades de transmisión entre 2Mbps hasta 155Mbps.

En el ámbito técnico, existen diferentes tipos de tecnología para transmisión de datos clasificadas en dos grupos: PHD, en donde los elementos de la red están casi sincronizados en el tiempo y SHD donde la sincronización es total permitiendo alcanzar mayores velocidades de transmisión.

También se puede mencionar la tecnología LMDS que permite transmisión de voz, datos y video con velocidades de hasta 10Mbps pero la diferencia básica es que utiliza enlaces punto- multipunto.

La tabla 28 incluye las Frecuencias de uso libre para la operación de sistemas de radiocomunicación cívico territorial de cubrimiento local y municipal

CANAL	BANDA	FRECUENCIA (MHz)	MODO DE OPERACIÓN	DE	CANALIZACIÓN
1	F / VHF	138,9875	Tx Radio Central	/ Rx	12,5 KHz
2	F / VHF	143,1625	Rx Radio Central	/ Tx	12,5 KHz
1	G / VHF	157,8625	Tx Radio Central	/ Rx	12,5 KHz
2	G / VHF	160,5125	Rx Radio Central	/ Tx	12,5 KHz
1	H / UHF	440,1125	Tx Radio Central	/ Rx	12,5 KHz
2	H / UHF	445,1375	Rx Radio Central	/ Tx	12,5 KHz
1	I / UHF	451,1125	Tx Radio Central	/ Rx	12,5 KHz
2	I / UHF	454,5125	Rx Radio Central	/ Tx	12,5 KHz

Tabla 28. Frecuencias de uso libre para la operación de sistemas de radiocomunicación.

*Fuente: Ministerio de comunicaciones

ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA

En base al trabajo efectuado descrito en los anteriores capítulos se tiene como base general del sistema el mapa del Río de Oro con la ubicación de las estaciones existentes más significativas, las que requieren optimización y las estaciones propuestas.

El sistema inalámbrico comunica las estaciones remotas vistas en el mapa de la figura 10. Con una estación central ubicada en la entidad encargada de la implementación del sistema y por lo tanto del manejo de los datos producto del monitoreo de las variables seleccionadas. A su vez, con los datos recopilados se elaboran estudios estadísticos y modelos del comportamiento del río que permitan el establecimiento de cotas de inundación y la generación de alertas al sobrepaso de las cotas definidas. La siguiente figura permite observar claramente la red de monitoreo.

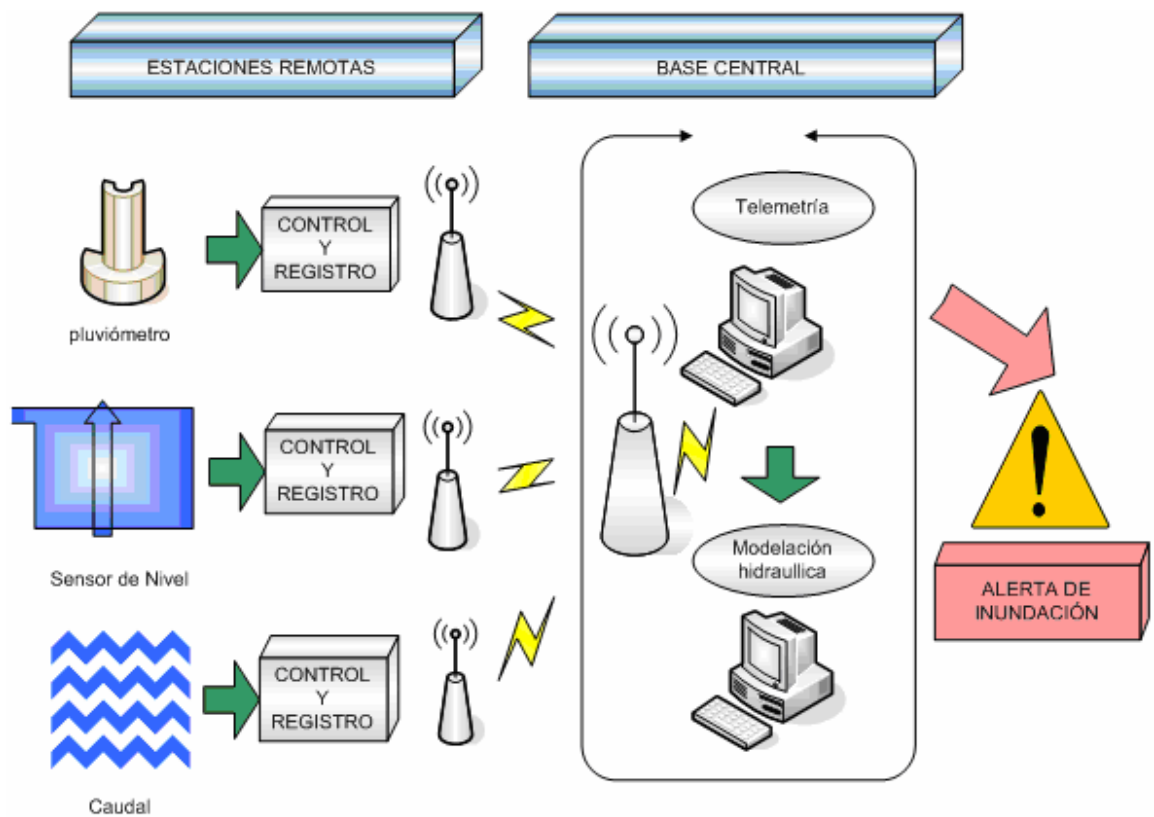


Figura 27. Transmisión de datos a la estación.
 *Fuente: Autoras

En el anexo 7, se presenta una simulación de lo que sería una aplicación de la estructura anteriormente mencionada, en donde el responsable de la supervisión de los datos recibidos en la estación central, observa las estaciones remotas y los datos que estas proveen.

CONCLUSIONES

- Este trabajo de grado plantea las especificaciones técnicas de diseño de un sistema de monitoreo hidrológico como parte inicial de un sistema de alerta temprana, ya que una solución de tanta envergadura está integrada por numerosas etapas.
- La poca confiabilidad de los datos existentes provenientes de las estaciones no permite la realización de un modelo que caracterice el Río de Oro con veracidad; por lo tanto, los esfuerzos iniciales van encaminados a mejorar la calidad de los datos obtenidos a través de la optimización de la red de monitoreo hidrológico actual.
- Partiendo del análisis de la clase de medio de transmisión se eligió el más adecuado para el sistema propuesto y a partir de este, se realizaron tres propuestas de comunicaciones teniendo en cuenta la geografía de la región y las condiciones características del diseño planteado. Sin embargo se deja abierto a la entidad que implemente el proyecto la definición puntual de los equipos para tal fin.
- Es importante destacar que al ser un proyecto de especificaciones técnicas, se busca que al momento de su construcción, a partir de los requisitos planteados se pueda implementar el sistema independientemente de los equipos escogidos para tal fin. Se espera con esto no sesgar la opinión de quienes implementen el diseño ya que puede ser posible que en el momento de implementación existan en el mercado mejores alternativas que las que se puedan plantear en estos momentos o que por el contrario estén obsoletas. Se espera que al seguir cuidadosamente las recomendaciones dadas, el sistema no se vea afectado por esta cualidad.

- Para corroborar la calidad de los datos medidos por las estaciones se compararon los registros históricos de estas y se realizaron pruebas de datos dudosos y verificación de la consistencia de los datos. El resultado de este análisis permitió detectar fallas en las estaciones de la CDMB y el IDEAM.
- Con base en las características específicas del río, el análisis de la información recolectada sobre sistemas de monitoreo, consultas a expertos y la existencia de registros estadísticos de mediciones hechas al Río de Oro, se logró identificar Nivel, Caudal y Precipitación como las tres variables en las cuáles se fundamentó el trabajo realizado.
- Para determinar nuevos puntos de observación fue necesaria la realización de un inventario de las estaciones existentes en la Cuenca del Río de Oro así como la verificación de la consistencia de los datos, y de esta forma establecer la reestructuración del sistema de monitoreo con los puntos de observación a optimizar y las nuevas estaciones propuestas.
- Entre las especificaciones para la comunicación del sistema se plantean tres soluciones inalámbricas viables según las condiciones geográficas del Río de Oro como son WiMAX, radio y un enlace múltiple WDS explicando las topologías y componentes de cada interconexión.
- La validación del trabajo se realiza con la verificación y análisis de los registros, las sugerencias y recolección de información de las entidades encargadas del manejo de la fuente hídrica y con el programa de aplicación desarrollado que se describe en el anexo 7. Se evidencia la necesidad de utilizar métodos de simulación para las especificaciones propuestas además de la supervisión de los expertos en el tema.

RECOMENDACIONES

- Uno de los principales problemas en la red hidrológica del Río de Oro es la deficiente calidad en los datos medidos. Se recomienda mejorar la forma de recoger los datos que requieren observación directa y manipulación humana, pues la información recolectada es el pilar de cualquier investigación y aplicación hidrológica.
- Los cambios morfológicos y las modificaciones estructurales que han afectado al río son el principal factor de deterioro de su capacidad hidráulica. Un sistema de monitoreo hidrológico determina los puntos en que el río se desestabiliza de su comportamiento natural pero no soluciona el problema de raíz. Por esto es necesario obras civiles que reestablezcan el cauce y el ancho original del río, o de lo contrario no se puede garantizar la seguridad de la población ante nuevos eventos de inundación.
- Los datos de las estaciones existentes no comparten un medio común de registro, contrario a esto hay que pedir la información a cada entidad por separado (IDEAM, CDMB). Se recomienda la creación de una base de datos conjunta para realizar el análisis completo de la red con todos los datos posibles.
- Es recomendable para futuros proyectos de este tipo o su continuación, que se conforme un equipo de diferentes disciplinas, pues es más factible que al complementar conceptos, el proyecto se vea fortalecido ampliamente y demore menos su implementación, por lo tanto convenios entre escuelas o entre universidades permitirán propuestas de mayor acción.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Organización Meteorológica Mundial. ADQUISICIÓN Y PROCESO DE DATOS, ANÁLISIS, PREDICCIÓN Y OTRAS APLICACIONES. Quinta edición 1994
- [2]. GONZALEZ BERNAL Nestor Ali. Eventos Extremos De Precipitación: Caso De Estudio Febrero 12 – 05 Giron. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2005. 206 p.
- [3]. GONZALO LÓPEZ Wilson, Modelo Digital De Elevación Para La Cuenca Del Río De Oro. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2005, 126 p.
- [4]. Tomos Geotecnología, estudio referente al Caso febrero 2005 Río de Oro.
- [5]. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)/Organización Meteorológica Mundial (OMM), 1988: *Evaluación de Recursos Hídricos – Manual para un estudio de apreciación de las actividades nacionales*
- [6]. INFORME DE GESTION SECTOR DE LAS TELECOMUNICACIONES MINISTERIO DE COMUNICACIONES República de Colombia 2004-2005
- [7]. RONCANCIO, Rafael. Instrumentación. Guía de Clase REDES DE COMPUTADORAS Tanenbaum, Andrews S. (Prentice Hall) 1408 páginas. ISBN: 9702601622. 4ª edición (2003)
- [8]. Calidad de la Especificación: ¿Se pueden medir los Requisitos?. Antonio Monzón. TCP Sistemas e Ingeniería
- [9]. CARSON A.B., Sistemas de comunicación, Mc Graw hill, Mexico, 1980.
- [10]. STREMLER F.G., Sistemas de comunicación, Fondo educativo Interamericano, México, 1985.
- [11]. Introducción a la electrónica de medida I y II, F.J. Meca, J.A. Jiménez, J. Díaz. Dpto de publicaciones de la U.A.H. 1994.
- [12]. Sensores y acondicionadores de señal, R. Pallás Areny. Barcelona: Marcombo, S.A. (4ª Edición). 2003.

- [13]. Conversión de datos, Enrique Santiso y otros. Dpto de publicaciones de la U.A.H. 1993.
- [14]. Keller C.U., NSO staff, 1998 SOLIS - Instrumentation aspects, Sacramento Peak Workshop, ASP Conference Series 140, p.539-551
- [15]. Josep Balcells, Francesc Daura, Rafael Esparza, Ramón Pallás, Interferencias Electromagnéticas en sistemas electrónicos. Serie Mundo Electrónico, Ed. Marcombo 1992.
- [16]. John P. Bentley, Principles of Measurement System Editorial: Longman. Tercera edición de 1995. ISBN 0-582-23779-3
- [17]. W. D. Cooper y Albert D. Helfrick, Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición, Prentice Hall Hispanoamericana 1991. ISBN 0-13-593294-7
- [18]. V. Prasad Kodali, "Engineering Electromagnetic Compatibility, Principles, Measurements and Technologies". IEEE Press. 1996. ISBN 0-7803-1117-5.
- [19]. Ramón Pallas Areny, Sensores y Acondicionadores de Señal, Marcombo, 1998. ISBN 84-267-1171-5

ANEXO 1. PRESUPUESTO CDMB

Resolución Número 1185 de

(2 – JUN 2005)

Por la cual se autoriza a la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB- para celebrar empréstitos internos con Bancos e Instituciones Financieras legalmente establecidas en el País, redescontables ante la Financiera de Desarrollo Territorial S.A. – FINDETER- hasta por la suma de \$10.500.000.000.oo.

EL MINISTRO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO,

En uso de sus facultades legales y en especial de las que le confiere el artículo 7° de la Ley 781 de 2002 y el literal B del artículo 27 del Decreto 919 de 1989, y

CONSIDERANDO:

Que mediante Decreto N° 919 del 1 de mayo de 1989 por el cual el Gobierno Nacional Organizó el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, en su artículo 19 establece, entre otros, que el Presidente de la República declarará mediante decreto y previo concepto del Comité Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, la existencia de una situación de desastre, y en el mismo acto la clasificará según su magnitud y efectos, como de carácter nacional, departamental, intendencial, comisarial, distrital o municipal y que producida la declaratoria de situación de desastre se aplicarán las normas pertinentes propias del régimen especial para situaciones de desastre, que el decreto ordene y específicamente determine;

Que el artículo 27 del Decreto 919 antes mencionado en su literal b) dispone los requisitos que deben cumplir las entidades descentralizadas del orden nacional para atender la situación de desastre declarada para la celebración y validez de los contratos de empréstito interno;

Que la Ley 781 de 2002 en su artículo 7 dispone que la gestión y celebración de los actos y contratos de que trata el Decreto 2681 de 1993 y demás normas concordantes de las corporaciones autónomas regionales, se sujetarán a la normatividad aplicable a las entidades descentralizadas del orden nacional;

Que mediante Decreto N°1012 del 4 de abril de 2005 el Gobierno Nacional declara la existencia de una situación de desastre departamental en los siguientes municipios del Departamento de Santander: Bucaramanga, Girón, Lebrija, San Vicente de Chucurí y Landázuri y dispone, entre otros, que se aplicará el régimen normativo especial para las situaciones de desastre contemplado en los artículos 24 y siguientes del Decreto 919 de 1989, así como lo dispuesto por el artículo 56 del Decreto 1909 de 1992 y demás disposiciones concordantes;

Que el artículo 4 del Decreto N°1012 del 4 de abril de 2005, establece que las entidades públicas y privadas integrantes de los Sistemas Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y Nacional Ambiental, de acuerdo con su naturaleza y desde sus ámbitos de competencia deberán

participar en la ejecución de las labores tendientes a recuperar y rehabilitar la zona afectada. Igualmente las entidades públicas de orden nacional de carácter financiero;

Que mediante oficio No. 9.0.1293 del 13 de abril de 2005, la Dirección de Prevención y Atención de Desastres del Ministerio del Interior y de Justicia emitió concepto favorable para que previo el cumplimiento de los requisitos de ley, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga –CDMB- gestione todas las diligencias administrativas que sean necesarias para el trámite de la autorización de endeudamiento ante el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, a fin de atender las zonas afectadas por las altas precipitaciones presentadas en la Cuenca del Río de Oro durante el mes de febrero de 2005 cuyo mayor impacto fue en Bucaramanga y Girón;

Que la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB- mediante oficios N°s. 07540 y 08092 del 14 y 20 de abril de 2005 respectivamente, solicitó al Ministerio de Hacienda y Crédito Público autorización para celebrar empréstitos internos hasta por la suma de DIEZ MIL QUINIENTOS MILLONES DE PESOS (\$10.500.000.000.00) moneda legal colombiana, destinados a financiar la ejecución de las obras prioritarias de protección contra inundaciones en los márgenes del Río de Oro en los Municipios de Bucaramanga y Girón, Departamento de Santander;

Que la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB- proyecta contratar los empréstitos internos indicados en el considerando anterior con las siguientes Instituciones Financieras y por los montos que se indican a continuación, redescontables ante la Financiera de Desarrollo Territorial S.A. –FINDETER:

INSTITUCIÓN FINANCIERA	MONTO
Banco Sudameris Colombia	\$3.500.000.000
Banco de Occidente S.A.	\$3.500.000.000
Corficolombiana S.A.	\$3.500.000.000
TOTAL	\$ 10.500.000.000

Que las condiciones financieras de los empréstitos internos que proyecta celebrar la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB- con las Instituciones Financieras mencionadas en el considerando anterior son las siguientes: Plazo para su total amortización de ocho (8) años, contados a partir de la fecha del primer desembolso, incluido un periodo de gracia a capital de dos (2) años contados a partir de la misma fecha, pagadero en veinticuatro (24) cuotas trimestrales vencidas y consecutivas; Tasa de Interés: a partir de cada desembolso se causarán intereses iguales a la tasa de costo promedio de captación de los certificados de depósito a término fijo – DTF- trimestre anticipado, certificada semanalmente por el Banco de la República o la entidad que haga sus veces, vigente en la fecha de inicio del periodo de intereses respectivo, adicionada en cuatro punto seis por ciento (4.6%) T.A, de los cuales el DTF + dos punto uno por ciento T.A. (DTF + 2.1% T.A.) serán para la Financiera de Desarrollo Territorial S.A. –FINDETER - y un margen para cada una de las Instituciones Financieras de dos punto cinco por ciento (2,5%) T.A, intereses que serán pagaderos por su equivalente Trimestre Vencido; Margen de redescuento del cien por ciento (100%);

Que los empréstitos que la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB- proyecta celebrar, serán garantizados con la pignoración del producto de la renta denominada SERVICIO DE ALCANTARILLADO hasta por un valor igual al 120% del servicio anual de la deuda y con el otorgamiento de pagarés;

Que mediante Acuerdo No. 1018 de marzo 18 de 2005, el Consejo Directivo de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB- autorizó al Director General para contratar y garantizar los empréstitos que por la presente resolución se autorizan;

Que las minutas de contrato de empréstito y pagaré que suscribirá la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB – con las Instituciones Financieras relacionadas anteriormente, han sido aprobadas por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público - Dirección General de Crédito Público y del Tesoro Nacional - mediante oficio No. 5.6.2-2005-014532 del 25 de mayo de 2005;

Que la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB – ha cumplido con los requisitos señalados en el literal B del artículo 27 del Decreto 919 de 1989, y demás normas concordantes para realizar esta clase de operaciones;

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º. Autorizar a la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB – para celebrar empréstitos internos, hasta por la suma de DIEZ MIL QUINIENTOS MILLONES DE PESOS (\$10.500.000.000.00) moneda legal colombiana, con las siguientes Instituciones Financieras y por los montos que se indican a continuación, redescontables ante la Financiera de Desarrollo Territorial S.A. –FINDETER:

INSTITUCIÓN FINANCIERA	MONTO
Banco Sudameris Colombia	\$3.500.000.000
Banco de Occidente S.A.	\$3.500.000.000
Corficolombiana S.A.	\$3.500.000.000
TOTAL	\$ 10.500.000.000

ARTÍCULO 2º. Las condiciones financieras de los empréstitos internos que celebre la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB- con las Instituciones Financieras mencionadas en el artículo anterior son las siguientes: Plazo para su total amortización de ocho (8) años, contados a partir de la fecha del primer desembolso, incluido un periodo de gracia a capital de dos (2) años contados a partir de la misma fecha, pagadero en veinticuatro (24) cuotas trimestrales vencidas y consecutivas; Tasa de Interés: a partir de cada desembolso se causarán intereses iguales a la tasa de costo promedio de captación de los certificados de depósito a término fijo – DTF- trimestre anticipado, certificada semanalmente por el Banco de la República o la entidad que haga sus veces, vigente en la fecha de inicio del periodo de intereses respectivo, adicionada en cuatro punto seis por ciento (4.6%) T.A, de los cuales el DTF + dos punto uno por ciento T.A. (DTF + 2.1% T.A.) serán para la Financiera de Desarrollo Territorial S.A. –FINDETER - y un margen para cada una de las Instituciones Financieras de dos punto cinco por ciento (2,5%) T.A, intereses que serán pagaderos por su equivalente Trimestre Vencido; Margen de redescuento del cien por ciento (100%).

ARTÍCULO 3º. Los recursos de los empréstitos internos que por la presente se autoriza celebrar, los debe destinar la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB – para financiar la ejecución de las obras prioritarias de protección contra inundaciones en los márgenes del Río de Oro en los Municipios de Bucaramanga y Girón, Departamento de Santander.

ARTÍCULO 4º. Autorizar a la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB – para garantizar los empréstitos que por la presente se autoriza a celebrar

con la pignoración del producto de la renta denominada SERVICIO DE ALCANTARILLADO hasta por un valor igual al 120% del servicio anual de la deuda y con el otorgamiento de pagarés..

ARTÍCULO 5º. Los pagos que realice la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB – en desarrollo de los empréstitos que celebre con base en la presente autorización, estarán subordinados a las apropiaciones que para el efecto haga en sus presupuestos. Por lo tanto, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB – deberá incluir las partidas necesarias en su proyecto o proyectos de presupuesto anuales de gastos.

ARTICULO 6º. En desarrollo de la presente autorización la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB – podrá celebrar con las Instituciones Financieras mencionadas en el artículo primero de la presente resolución, los contratos de empréstito y suscribir los pagarés correspondientes en los términos de las minutas aprobadas por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público - Dirección General de Crédito Público y del Tesoro Nacional - mediante oficio No. 5.6.2-2005-014532 del 25 de mayo de 2005.

ARTICULO 7º. La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB – deberá solicitar a la Dirección General de Crédito Público y del Tesoro Nacional del Ministerio de Hacienda y Crédito Público la inclusión en la Base Única de Datos de los contratos de empréstito que suscriba en desarrollo de la presente resolución, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 13 de la Ley 533 de 1999, para lo cual deberá remitir copia de los documentos pertinentes a la División de Estadística y Base de Datos de la citada Dirección, dentro de los diez (10) días calendario siguientes al perfeccionamiento del mismo.

ARTICULO 8º. La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB – deberá presentar a la Dirección General de Crédito Público y del Tesoro Nacional del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, dentro de los diez (10) primeros días calendario del mes siguiente al mes que se reporte, la información referente a saldos y movimientos de la operación de crédito público que por la presente se autoriza hasta el pago total de la deuda, de conformidad con el artículo 13 de la Ley 533 de 1999.

ARTICULO 9º. La presente resolución rige a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial, requisito que se entiende cumplido con la orden impartida por el Director General de Crédito Público y del Tesoro Nacional del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, según lo dispuesto por el artículo 18 de la Ley 185 de 1995.

PUBLÍQUESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá D.C., a los
ALBERTO CARRASQUILLA BARRERA
Ministro de Hacienda y Crédito Público

5.6. /GPC/Paulina B.

ANEXO 2. MATRIZ DE SELECCIÓN DE VARIABLES

Categorías	Parámetros	VARIABLES															
		Flujo de agua	Nivel	Corriente de agua	Sedimentación	Caudal	Nivel de flujo de lodo	Forma de la corriente	Evapotranspiración	Velocidad de la corriente	Escorrentía	Profundidad	Ancho de la sección	Precipitación	Area de la zona	Permeabilidad	Flujos sub-superficiales
Geografía - Río	Es afectada por las características del suelo																
	Es afectada por el cambio de pendiente en el río																
	Puede presentar diferentes velocidades durante el trayecto																
	Es afectada por la localización de la zona																
	Es afectada por sólidos y residuos en el río																
	Influye la profundidad del río																
	Es afectada por estructuras y construcciones presentes en el río																
	Influye el ancho del río																
	Influye la morfología del río																
	Es afectada por la temperatura de la región																
	Es afectada por la zona específica que se monitorea del río																
	Es afectada por la estabilidad de los taludes																
	Es afectada por la sedimentación																
	Es afectada por la forma de la corriente																
	Es afectada por el nivel de flujo de lodo y tierra en el río																
	Es afectada por la turbulencia en el agua																
	Es afectada por el grado de erosión de la zona																
	Es afectada por la permeabilidad del suelo																
Medición	Existencia de equipos de medición de esta variable en el mercado actual																
	Existencia de equipos de medición instalados y en funcionamiento en el río																
	Es medible en todo el trayecto del río																
	Es sensible a cambios climáticos																
	Es afectada por la frecuencia de medición o toma de observaciones																
	La toma de observaciones depende de condiciones especiales																
	Existen varias formas de medirla																

Especificaciones	Es posible con la instrumentación adecuada obtener datos en tiempo real																		
	Existencia de normas técnicas referentes a su medición																		
	Su medición se afecta significativamente por el presupuesto																		
	Precisión																		
	Es posible la toma de datos manual																		
	Es posible la toma de datos automática																		
	La toma de observaciones depende de personal capacitado																		
	Es afectado por el horario de medición																		
	Exactitud																		
	Su medición depende de obra civil para instalación de dispositivos (estaciones, aforos, etc.)																		
	Depende de instalación física (hardware, fuentes, etc.)																		
	Tiene repetibilidad																		
	Grado de tolerancia																		
	Definición exacta de la variable en cuestión																		
Teoría	Es posible su cálculo basado en funciones matemáticas o ecuaciones																		
	Permite ser calculada o tratada con procedimientos teóricos																		
	Puede predecirse por medio de observaciones anteriores																		
	Depende directamente de otra variable																		
	Depende indirectamente de otra variable																		
	Está correlacionada con otra variable de esta tabla																		
	Es conocida su escala de medición																		
	Es cuantitativa																		
	Es analizable para hacer predicciones																		
	Es cualitativa																		
Es cuantificable el grado de error presente en las mediciones																			
edent	Existencia de registros históricos acerca de la variable en cuestión																		

ANEXO 3. MALA UBICACIÓN DE ESTACIONES

Algunas estaciones han sido destruidas en las grandes avenidas.



La estación Café Madrid está en una localización que no permite medir confiablemente caudales altos.



Aguas abajo junto a la estación la sección se amplia y hay una curva



ANEXO 4. MODIFICACIÓN DE DATOS EN ESTACIONES

Estación con información modificada: Bahondo (El registro de Abril de 1985 fue cambiado disminuyendo de un $Q = 300 \text{ m}^3/\text{seg}$ a uno de $148.9 \text{ m}^3/\text{seg}$)

ID E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES															
VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE CAUDALES (m^3/seg)														SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL	
FECHA DE PROCESO: 99/10/25						ESTACIÓN: 2319730 BAHONDO									
LATITUD	703 N		TIPO EST	LM		DEPTO	SANTANDER			FECHA-INST		1989-DIC			
LONGITUD	7310 W		ENTIDAD	01 IDEAM		MUNICIPIO	GIRÓN			FECHA-SUSP					
ELEVACIÓN	690 m.s.n.m		REGIONAL	08 SANTANDERES		CORRIENTE	DE ORO								
AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANU,
1971	2	1	33.8	69	42	25.2	61	24.9	12.6	43	7.91	105	35.5	26.2	105.00
1972	2	1	30.96	24.3	20	36.5	160	60							160.00
1980	2	1	30.07	30.3		9.04	3.13		0.92	3.4	2.8	5.6	17.8	11.9	30.30
1981	2	1	11.4	13.26	21.8	44.15	62.3	59.55	8.52	11.4	17.6	54.77	22.55	8.51	62.30
1982	2	1	8.51	20.21	10.85									17.8	20.21
1983	2	1	19	19	19	16	36.6	17.5	5.22	5.22	4.16	8.2	6	14.6	36.60
1984	2	1	12.2	3.56	16.26	16.26	36.2	13.96	23.8	14.4	40.1	126.4	117.9	36.2	126.40
1985	2	1	12.64	17.5	70.1	148.9	12.56	15.02	48.61	5	66.3	40.1	21.4	15.64	148.90
1986	2	1	28.6	28.6	28.6	30.12	17.6	6.6	3.82	6.6	36.2	36.2	6.6	36.2	36.20
1987	2	1	28.5	36	36	20.6	36	6.5	36	6.5	14.6	36	14.6	11.84	36.00
1988	2	1	66.3	96.4	66.3	44	6.6	70	70	42.44	44	36.2	103.9	36.2	103.90
1989	1	1	6.5	4.5	29.25	20.25	30.75	11.84	10	6	14.4	18.8	18.2	31.5	31.50
1990	2	1	44.5	4	112.9	36	10	5.3	3.8	12.3	17.6	20.6	60.2	48.1	112.90
1991	2	1	32.25	32.25	4	10	12.3	5.25	7.9	4	6.5	28.5	36	5.25	36.00
1992	2	1	10	17.6	12.3	20.6	6.5	4	6.5	5.25	6.5	3.82	60.19	14	60.19
1993	2	1	3.75	10.88	27.3	16.37	8.48	27.3	3.31	8.48	11.53	4.93	9.68	6.29	27.30
1994	1	1	6.29	4.5	3.75	8.48	7.37	4.13	10.88	3.16	16.37	6.29	13.5	13.79	16.37
1995	1	1	6.83	22.96	12.45	7.37	8.48	8.48	5.82	12.19	4.5	28	5.35	17.99	28.00
1996	1	1	7.37	4.93	22.96	28	9.68	9.68	9.68	7.37	7.37	24.64	9.68	10.88	28.00
1997	1	1	6.51	9.68	10.88	16.37	9.68	12.19	7.37	6.83	13.5	8.48			16.37
1998	1	1	19.6	19.6	19.6	17.99	19.6	4.5	4.5	14.94	10.88	6.29	12.19	5.35	19.60
MEDIOS			20.27	23.29	29.32	28.76	27.74	19.30	14.70	11.50	18.04	31.52	31.74	19.38	22.96
MAXIMOS			66.30	96.40	112.90	148.90	160.00	70.00	70.00	43.00	66.30	126.40	117.90	48.10	160.00
MINIMOS			3.75	3.56	3.75	7.37	3.13	4.00	0.92	3.16	2.80	3.82	5.35	5.25	0.92

*** H I M A T ***

SUBDIRECCION DE VALORES MAXIMOS MENSUALES DE CAUDALES (m3/sg) ESTACION : 2319

HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA

FECHA DE PROCESO : 89/04/25

LATITUD 0703 TIPO EST LM DEPTO
 LONGITUD 7310 ENTIDAD 01 MUNIC.
 ELEVACION 690 REGIONAL 11 CORRIP

ANO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *
1971	1	01	33.80	69.00	42.00	25.20	61.00	24.90	12.60	43.00	7.910	105.0
1972	1	01	30.96	24.30	20.00	36.50	160.0	60.00				
1980	1	01	17.80 3	11.90 3	5.280 3	9.040 6	3.130 6	.960 3	3.400	2.800	5.600 3	
1981	1	01	11.40	13.26	21.80	44.15	62.30 8	59.55 8	8.520	11.40	17.60 3	54.77 6
1982	1	01	8.510 6	20.21 6	10.85 6							
1983	1	01	19.00	19.00	19.00	19.00	17.50	5.220	5.220	4.160 3	8.200 3	
1984	1	01	12.20	3.560	16.26	16.26	36.20 3	12.96	23.80 3	14.40	40.10	
1985	1	01	12.64	17.50	66.38 8	300.0 8	12.56 6	15.02 6	40.61 6	5.000	57.60 8	40.10
1986	1	01	28.60	28.60	28.60	30.12	17.60	6.600	3.820	6.600	36.20	36.20
1987	1	01	28.50	36.00	36.00	20.60	3.00	6.500	36.00	6.500	14.60	36.00

MEDIOS 20.34 24.33 26.62 55.65 *****
 MAXIMOS 33.80 69.00 66.38 300.0 *****
 MINIMOS 8.510 3.560 5.280 9.040 ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO *

EST = ESTADO DE LA INFORMACION

1 : Preliminares Himat

EST	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *
1	33.80	69.00	42.00	25.20	61.00
	30.96	24.30	20.00	36.50	160.0
	17.80 3	11.90 3	5.280 3	9.040 6	3.130 6
	11.40	13.26	21.80	44.15	62.30 8
	8.510 6	20.21 6	10.85 6		
	19.00	19.00	19.00	19.00	36.60
	12.20	3.560	16.26	16.26	36.20 3
	12.64	17.50	66.38 8	300.0 8	12.56 6
	28.60	28.60	28.60	30.12	17.60
	28.50	36.00	36.00	20.60	36.00

CAUDAL ABRIL 1985

	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
	69	42	25.2	61	24.9	12.6
	24.3	20	36.5	160	60	
	30.3		9.04	3.13		0.92
	13.26	21.8	44.15	62.3	59.55	8.52
	20.21	10.85				
	19	19	19	36.6	17.5	5.22
	3.56	16.26	16.26	36.2	13.96	23.8
	17.5	70.1	148.9	12.56	15.02	48.61
	28.6	28.6	30.12	17.6	6.6	3.82
	36	36	20.6	36	6.5	36
	96.4	66.3	44	6.6	70	70
	4.5	29.25	20.25	30.75	11.84	10

ANEXO 5. EJEMPLOS DE MEDIDORES DE NIVEL.

A CONTINUACIÓN SE PRESENTAN DOS TIPOS DE LIMNIGRAFOS UTILIZADOS EN EL IDEAM.

Fabricante : SEBA HYDROMETRIE GMBH
8951 Oberbeuren
Rep. Federal de Alemania

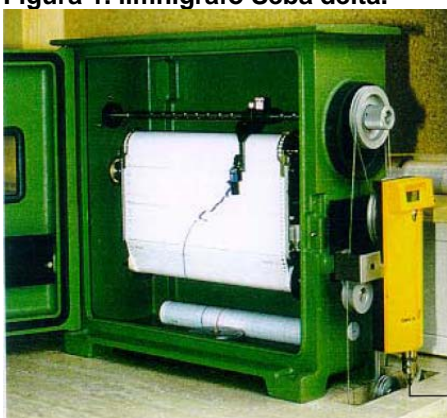
a) Características:

El mecanismo del limnígrafo se aloja en una caja hermética de aluminio la cual tiene una llave tipo Bristol, hexagonal, que gira un tornillo que asegura la puerta de dicha caja, al lado derecho exterior de la caja se encuentran una o dos poleas que son accionadas por el sistema de flotador y el contrapeso. La parte superior interna de la caja es ocupada a todo su ancho por un eje horizontal unido a la polea superior externa, está provisto de dos ranuras helicoidales contrarias, a medida que gira la polea y el eje, la ranura helicoidal obliga a desplazar el conjunto de inscripción sobre la banda de registro, al llegar el conjunto de inscripción a un extremo del eje, ingresan a la segunda ranura helicoidal invirtiendo el sentido de tránsito; En esta forma se obtiene un registro ilimitado de niveles de agua. El sistema de inscripción es de plumilla capilar con depósito de tinta de larga duración, a solicitud, el fabricante puede suministrar otros sistemas de inscripción.

También en la parte superior, al centro un indicador de nivel de dígitos es accionado por la polea externa a través de un engranaje y un eje, horizontalmente se encuentran las bobinas de alimentación y de recepción entre las que transita la banda de papel, estando la bobina de alimentación arriba y la receptora abajo. Levantando la plumilla de inscripción, la varilla pisa papel y empujando hacia abajo los ganchos de fijación, el conjunto de bobinas y rodillos con el papel se basculan hacia adelante, quedando a la vista el mecanismo motriz que hace avanzar la banda de papel.

El mecanismo motriz o de avance es accionado por un reloj de cuerda de resorte de larga duración (normalmente mayor a 90 días) situado abajo y a la izquierda de la caja, a solicitud, el fabricante puede suministrar mecanismos de poder tipo eléctrico o de batería. La caja de instrumento tiene cuatro patas, una de ellas provista de tornillo de nivelación, el cual se emplea para instalarlo totalmente horizontal con respecto al plano de referencia o base de la caseta.

Figura 1. limnigrafo Seba delta.



b) Instrucciones de instalación

Desempacar cuidadosamente verificando la lista de piezas, antes de eliminar el material de empaque, la caja con el instrumento se atornilla a la base de montaje por medio de cuatro pernos, uno de nivelación permite dejar en posición horizontal el instrumento; el cable del flotador se recorta, de manera que su longitud comprenda la distancia desde el instrumento hasta el nivel de aguas mínimas, más un metro; subiendo el flotador hasta aguas máximas el contrapeso no debe tocar el fondo. Al manipular el cable, tener cuidado de no doblar produciendo quiebres y colocar los casquillos en los extremos cortados para que no se destroce, luego sujetar el flotador y el contrapeso con los ganchos proporcionados para tal efecto; el cable del flotador y el contrapeso se colocan sobre la polea de tal manera que el flotador quede por delante, por medio de la polea guía con tuerca de mariposa se separa el flotador del contrapeso para que en todo su recorrido, el flotador y el contrapeso no se toquen entre sí, ni rocen con las paredes del pozo o del tubo flanche.

Cuando una vez instalado el instrumento, resulta necesario retirarlo para su transporte a otro lugar, se saca el cable con el flotador y el contrapeso, se desenganchan estos y se enrollan sin causar quiebres; sobre la polea se coloca una protección metálica y el reloj se frena bajando la palanca correspondiente hasta el punto rojo. El depósito con la plumilla capilar se retiran de su respectivo soporte, girándolo hacia arriba, se saca toda la tinta del estanque y se limpian, envolviendo las piezas.

Todo el instrumento, sus partes y accesorios se guardan en un cajón, utilizando el material de empaque y relleno necesario para que no sufran daños durante el transporte.

c) Operación

- Colocación y extracción del papel de inscripción.

Se utiliza papel de bordes perforados para registradores, cuyo ancho útil es de 25 Cm, cuadrulado a escala. Cada rollo tiene 15 m de longitud y alcanza para 10 meses a una velocidad de avance de 2 mm/hora. A solicitud, el fabricante puede proporcionar papel con revestimiento de tipo especial, el cual es particularmente inerte frente a los efectos de la humedad.

Para colocar un nuevo rollo, se levantan las dos platinas de sujeción y la varilla situada sobre el papel entre la bobina abastecedora y el rodillo guía, y se empujan los ganchos hacia abajo, en esta forma se puede bascular hacia adelante el conjunto y sacar el papel, la bobina de abastecimiento se quita de sus descansos halando los retenes respectivos, luego se saca hacia la derecha la alina del cartón del rollo gastado y se introduce el nuevo rollo; la bobina cargada con un nuevo rollo se vuelve a colocar en sus descansos, cuidando de dejar el extremo más largo a la izquierda, a continuación se levanta el conjunto de rodillos y bobinas a su posición normal, verificando que los ganchos queden perfectamente encajados. La bobina receptora se saca de sus descansos halando las palancas, el extremo de la banda de papel se corta formando una punta que se introduce bajo la abrazadera de la bobina receptora, dando algunas vueltas hasta afirmarlas bien, luego la bobina receptora se vuelve a colocar en sus descansos, asegurando con las palancas y enrollando la banda hasta que el papel quede tenso; para tensionar más el papel, se baja la varilla situada sobre el papel entre la bobina abastecedora y el rodillo guía superior.

Para comprobar que el papel corre adecuadamente, se gira hacia abajo el disco negro estriado situado a la derecha; nunca girar el disco negro en el sentido de retroceso del papel ni hacer avanzar el papel desde la bobina receptora hacia la abastecedora porque las perforaciones del papel se rompen o saltan de la rueda dentada. Finalmente se cierran las platinas y se baja la plumilla a su sitio, teniendo la precaución de dejar esta sobre la misma línea horizontal del papel.

- Sistema de inscripción

Normalmente el instrumento viene provisto de un sistema de plumilla capilar y depósito de tinta, para cargar el depósito, se saca hacia arriba de su soporte y se retira la tapa con la plumilla capilar llenando hasta la mitad con la tinta proporcionada para el instrumento, al volver a tapar el estanque

se cierra con un dedo el respiradero de la tapa haciendo coincidir la ranura de la tapa con la vena del depósito de manera que la presión interior ayude a la tinta a subir por el capilar, si la tinta no llega al extremo de la plumilla al primer intento, se repite la operación.

- Para poner en marcha el reloj.

Para efectos del transporte el reloj del limnógrafo viene frenando con una palanca, el color rojo indica que está en stop, y el verde que está en condiciones de iniciar su funcionamiento, para dar cuerda se introduce la llave tipo mariposa sobre el vástago y se gira hacia la derecha hasta notar resistencia (74 medias vueltas aproximadamente).

- Ajuste a la hora y regulación del reloj

Girando el disco estriado negro que se encuentra en la parte derecha del instrumento, se puede mover la banda de papel en sentido descendente (de avance), hasta que la plumilla se enfrente al tiempo correcto sobre la escala impresa en la banda. No girar el disco negro en el sentido del retroceso de la banda.

Si el reloj que controla el avance de la banda adelanta o atrasa, se puede regular con una holgura de 60 minutos por día, para ello se levantan las platinas y la varilla pisa papel, inmediatamente se empujan hacia abajo los ganchos de fijación, en esta forma se puede bascular el conjunto, quedando a la vista el mecanismo de relojería; sobre la cara izquierda de la caja del reloj se encuentra la palanca de regulación, si el reloj se atrasa, se mueve la palanca en dirección al (+) y si se adelanta, hacia el (-); cuando el desajuste del reloj excede los límites se requieren reparaciones de taller especializado.

- Indicador del nivel de dígitos

Para ajustar los dígitos al nivel del agua se desplaza hacia la derecha el disco negro, que está frente al indicador, y se le dan vueltas. Después se repone este disco a su posición normal a la izquierda.

- Ajuste de las escalas de inscripción

Para cambiar la escala, se afloja el tornillo pequeño de fijación del engranaje, en la parte superior izquierda del instrumento y se desplazan lateralmente las ruedas dentadas cuidando que los engranajes respectivos queden acoplados. Se pueden obtener las siguientes escalas de inscripción.

Ruedas izquierdas 1:20

Ruedas centrales 1:10

Ruedas derechas 1: 5

El uso de estas depende de la magnitud de variación de los niveles, para una corriente en la cual la variación de los niveles es superior a 3 m., lo lógico es emplear la escala 1: 20 que nos da un rango de registro de 0 a 5 m., en un sólo sentido de desplazamiento, si por el contrario la variación es menor se emplearan las escalas 1:10 o 1:5 que permiten rangos de registro de 0 a 2.5 m., y 0 a 1.25m

- Ajuste de las escalas de tiempo

El instrumento viene ajustado a un avance del papel de 2 mm/hora. Para modificar la escala de tiempo algunos modelos vienen provistos de una palanca con la indicación adecuada (2;5 y 10 mm/hora. En los modelos standard, hay que retirar las dos ruedas dentadas que hay en la parte central izquierda del instrumento e instalar otras diferentes que, a solicitud, proporciona el fabricante, en esta forma se puede obtener avances 2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15 y 20 mm/hora.

d) Mantenimiento

- Accesorios para el mantenimiento de limnógrafos
- Destornillador largo grande
- Destornillador pequeño
- Jeringa para limpieza de plumillas capilares, con su tubito de plástico para conexión.
- Pincel para limpiar
- Alcohol
- Tetracloruro de Carbono
- Aceite para instrumentos
- Bayetilla o dulce abrigo
- Pinza o Alicata

- Limpieza de la plumilla

Se recomienda limpiar la plumilla capilar a intervalos no mayores de seis meses, con este fin se saca el depósito de su soporte y se retira la tapa con la plumilla, al extremo sobresaliente inferior del capilar se conecta la manguera de plástico de la jeringa del equipo de limpieza y presionando con la jeringa se hace pasar alcohol por el capilar, cuando el capilar está completamente limpio aparece un chorrillo fino de alcohol en el extremo de la plumilla, los restos de alcohol se expulsan del capilar utilizando una segunda jeringa seca.

- Lubricación

Una vez al año o según necesidad se lava todo residuo de aceite viejo y polvo utilizando un pincel con Tetracloruro de Carbono, una vez limpio, se aplica con un palillo una o dos gotas de aceite para instrumentos en todos los puntos de fricción.

- Intercambio de la unidad motriz

El reloj de los limnógrafos SEBA-DELTA es intercambiable, este trabajo preferentemente se realiza en el taller pero también se puede efectuar en el terreno, para cambiar el reloj es necesario antes sacar de la caja las otras unidades del instrumento.

LIMNÓGRAFO STEVENS

Fabricante : Leupold Stevens, Inc.
P. O. Box 688, Beaverton, Oregon 97005
Estados Unidos de América

a) Características

Es un registrador de banda, mecánico o eléctrico, de larga duración sus características son similares al descrito anteriormente, aunque ciertos detalles de construcción lo distinguen, las diferencias más notables se encuentran en la posición de las partes: la tapa de la caja está en la parte superior y tiene una ventada en material transparente vidrio o plástico, que permite sin quitar esta, ver el registro de los últimos días; el papel se mueve en sentido horizontal de atrás hacia adelante; el mecanismo de inscripción se encuentra en la parte delantera, al igual que las poleas que también están en la parte delantera, pero por fuera de la caja.

b) Instrucciones de instalación

Las tres patas del instrumento se sujetan a la base, utilizando las tuercas de nivelación para dejarlo perfectamente horizontal, la polea o poleas se montan en la parte frontal del instrumento, apretando primero la tuerca central y luego los tornillos estriados, uno a la izquierda y otro a la derecha; el flotador que es de 20 cm., de diámetro y contrapeso de 570 gramos, se sujetan al cable por medio de tornillos fijadores proporcionados para tal efecto; el cable que tiene unas guías (bolitas) que se alojan en pequeños huecos en la ranura de la polea, su longitud se determina de la

misma manera que se hace para el LG. SEBA. El cable con el flotador y contrapeso se colocan sobre la polea de manera que el flotador queda a la derecha.



c) Operación y Mantenimiento

- Colocación y extracción del rollo de papel de inscripción.

El papel utilizado tiene un ancho de 25 cm., y una longitud de 23 m., trae un alma metálica, para facilitar su instalación, su desplazamiento por día es de 60 mm. Para colocar el nuevo rollo se levanta la plumilla, se corta el papel antiguo, se retira la plancheta que esta debajo del papel y se procede a retirar la bobina alimentadora; desenroscando el disco estriado del lado derecho, se puede sacar el alma metálica del rollo a cambiar, facilitando introducir el nuevo rollo, observando que la parte del alma metálica que está a ras del papel quede al lado izquierdo, se enrosca el disco estriado y se coloca la bobina en sus descansos nuevamente, al papel se le hace un doblez y se hace pasar entre el rodillo de fricción y el rodillo delantero, dando la vuelta sobre este, se coloca la plancheta y se aprisiona el papel sobre la bobina receptora con la presilla semicilíndrica.

- Sistemas de Inscripción y de Avance.

Reciben el mismo tratamiento explicado para el caso del registrador anterior, el llenado y limpieza de la plumilla y el dar cuerda al reloj se hace de la misma manera, la cuerda alcanza para 135 días, siempre y cuando el avance de la gráfica sea de 60 mm. /día, si se cambia la rata de avance como es lógico, el número de días de registro igualmente variará. Sólo cambian las formas y tamaños de estos elementos.

- Ajustes de las escalas de inscripción.

El instrumento tiene por lo general dos poleas de 375 y 750 mm., de circunferencia, la menor se acopla a la mayor con tres pernos; Con la polea pequeña se obtiene la escala 1:5 y con la grande 1:10 y solamente cambiando el cable de polea, se establece la escala. Se pueden obtener además, al intercambiar los piñones internos escalas de 1:1, 1:2, 1:5, 1:20, 1:25 y 1:50, que equivalen para el primer caso una amplitud de registro de 1 m., y para el último 12.5 m.

Otros limnógrafos

Existe en el mercado otro tipo de limnógrafos de uso menos frecuente o común en Colombia, los cuales se mencionarán, para quienes estén interesados puedan obtener información a través de sus fabricantes.

Limnógrafo AOTT

Fabricante: A. OTT.
8960 Kempent
Alemania

Limnógrafo FUESS

Fabricante: R. Fuess
1 Berlin 41 (Steglitz)
Alemania

ANEXO 6. EQUIPO Y PERSONAL REQUERIDO EN CADA TIPO DE AFORO

A continuación se presentan los equipos necesarios para cada tipo de aforo:

AFORO POR SUSPENSION

- Malacate y tabla con polea
- Molinete completo incluido cola estabilizadora
- Contador
- Cartera de aforos y planillero
- Escandallos 30, 60, 75 y 100 kilos
- Personal Requerido: dos técnicos (Inspector y aforador)

AFORO ANGULAR

- Sección establecida con sus respectivos mojones
- Jalones y banderolas colores vivos (roja, Naranja y blanca)
- Sextante o tránsito
- Lancha con motor fuera de borda
- El mismo equipo para aforos por suspensión
- Radios Portátiles
- Personal Requerido: Cuatro técnicos (Inspector, aforador, auxiliar técnico y motorista)

AFORO EN BOTE CAUTIVO

- Establecer sección
- Bote
- Manila
- El mismo equipo de los aforos anteriores
- Personal Requerido: tres técnicos (inspector, aforador y motorista)

AFORO POR VADEO

- Cinta métrica
- Varillas de vadeo
- Contador
- Molinete
- Cartera de aforos y planillero
- Personal Requerido: Dos técnicos (Inspector y aforador)

AFORO VOLUMETRICO

- Definir y adecuar sección
- Canaleta
- Balde aforado en litros
- Cronómetro
- Cartera de aforos y planillero
- Personal requerido: Un técnico (Aforador)

AFORO POR TRAZADORES - DILUCION

- Trazador o tintes
- Conductímetro
- Cronómetro
- Botella de mariotte
- Cinta métrica
- Dos probetas
- Baldes graduados
- Frascos de 100 ml.
- Agua destilada
- Radios portátiles
- Cartera de aforos y planillero
- Personal requerido: Tres técnicos (Inspector, aforador y auxiliar).

AFORO CON LANCHA EN MOVIMIENTO

- Sección establecida con sus respectivos mojones
- Jalones y banderolas colores vivos (roja, Naranja y blanca)
- Lancha con motor fuera de borda
- Molinete completo
- Contador
- Soporte para fijación del molinete
- Ecosonda
- Batería de 12 voltios
- Cartera de aforos y planillero
- Cronómetro
- Personal Requerido: Cuatro técnicos (Inspector, aforador, auxiliar técnico y motorista)

AFORO POR FLOTADORES

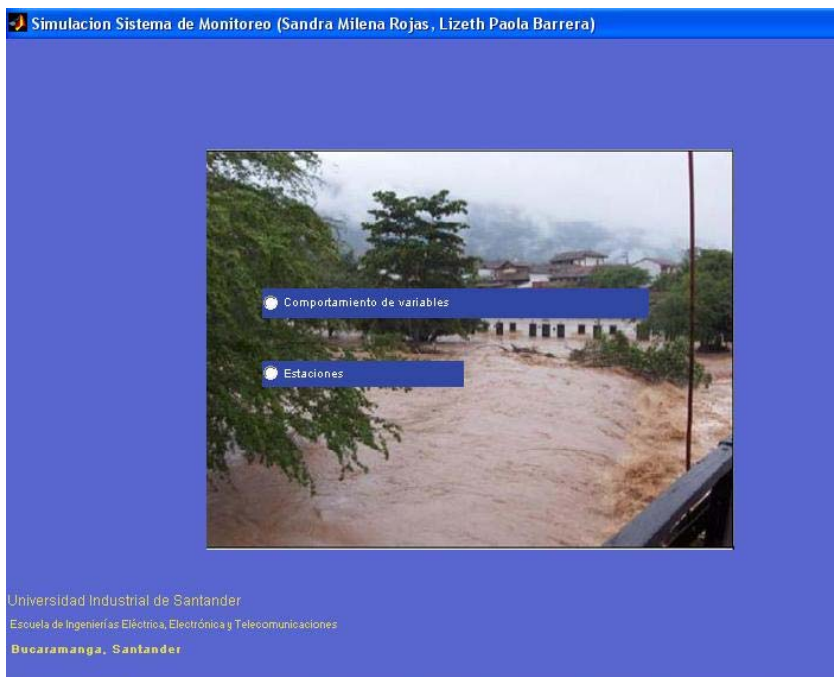
- Flotadores
- Cinta métrica
- Cronómetro
- Cartera de aforos y planillero
- Radios Portátiles

ANEXO 7. APLICACIÓN: HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

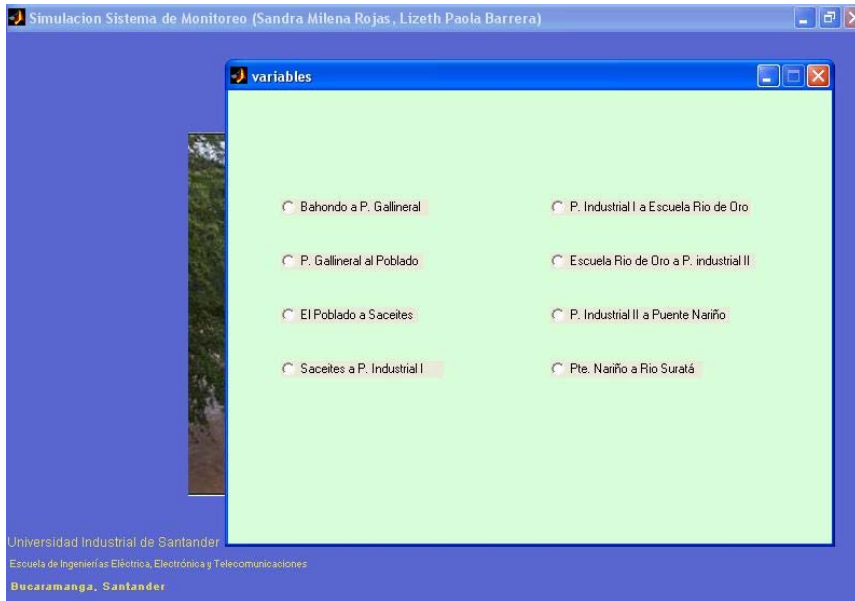
Con la obtención del diseño definitivo de la red de monitoreo hidrológico se concluyen las etapas planteadas para este proyecto. Sin embargo teniendo claridad en que por lo menos para el alcance proyectado actualmente, no se va a implementar el sistema, se busca de algún medio efectuar una alternativa de validación del diseño.

La alternativa de simulación del sistema, busca establecer una manera de ver el comportamiento de este, para emular la base central (recopiladora de toda la información según el diseño propuesto) tomando decisiones a partir de los datos recolectados. Sin embargo somos conscientes de que esta se basa en datos poco confiables aunque reales. A pesar de esto se creó una herramienta que consta de dos partes; primero toma los datos almacenados para ordenarlos y graficarlos en búsqueda de establecer relaciones entre las variables.

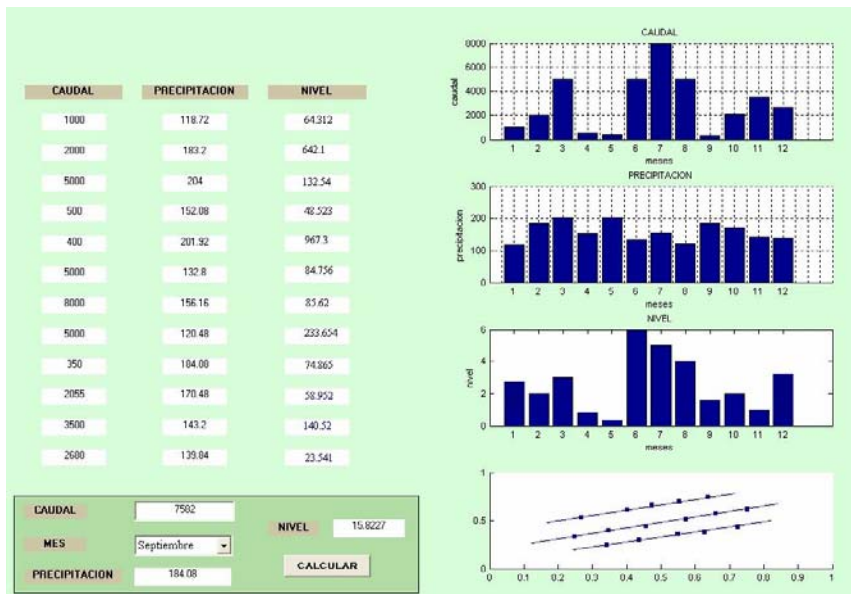
A continuación se muestra la presentación inicial del simulador y el posterior graficador.



Al pulsar en la opción Comportamiento de variables se despliega un sub-menú de sectores del río. Este almacena los datos de las estaciones zonificadas y los grafica. A continuación se muestra el submenú y el cuadro de gráficos.



Vista de sub-menú de sectores



La segunda opción en el menú inicial lleva al mapa de las estaciones de monitoreo hidrológico del río de Oro. En el se ubican y se activan ya que el programa está diseñado para no trabajar con más de cuatro estaciones apagadas. En la siguiente figura se muestra la presentación inicial de la pantalla, es decir, cuando todas las estaciones están apagadas. Se puede observar que hay tres cuadros de opciones, el primero contiene el nombre de todas las estaciones y se selecciona para saber la medida de esa estación específica. El segundo cuadro contiene la lista de

variables que como ya es sabido, para este sistema son Caudal, Nivel y Precipitación. El siguiente cuadro debe pulsarse para iniciar la simulación.



El programa genera una lista de números aleatorios según la variable a monitorizar, de los cuales se elige uno que determinará el valor de la variable en ese momento. Este valor tiene una cota de inundación que para el sistema real está sin determinarse y por lo tanto se escoge al azar para fines de la simulación. A partir de ese límite se genera una alerta al ser sobrepasado. La siguiente gráfica muestra un ejemplo de este caso.



El programa también detecta las estaciones apagadas y no da información en el caso de que un usuario la solicite para esa estación cuando no está funcionando. La siguiente gráfica muestra el aviso dado en esta situación:

