

N° 7974

OBJETIVOS DE LA RED DE MONITOREO

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

TABLA DE CONTENIDO

1.PRESENTACIÓN	2
2.OBJETIVOS GENERALES	2

OBJETIVOS DE LA RED DE MONITOREO

1.PRESENTACIÓN

La creación e instalación de la red de monitoreo fue propuesta por el DAGMA como la opción para analizar y tener un registro permanente del comportamiento y las condiciones de calidad de los ríos de Cali, que por ser objeto de diferentes usos presentan características especiales y son afectados por el mal manejo dado por las instituciones y la comunidad a lo largo del tiempo, cuando se consideraba la oferta de agua como suficiente para abastecer toda la población caleña independiente de las tasas de crecimiento. Se plantean entonces los siguientes objetivos:

2.OBJETIVOS GENERALES

Este proyecto de creación de la red de monitoreo se compone de 3 redes a su vez: la red 1 o de salidas la cual se ubica en la parte baja del río; la red 2 o de entrada a la ciudad, ubicada antes de entrar el río al casco urbano; la red 3 o red de alertas que informara sobre eventos. La gran red estará diseñada e instalada para cumplir 3 grandes objetivos:

- 1. CONOCER EL ESTADO DE LOS RÍOS.** La calidad de los ríos se considera importante como indicador para medir el bienestar de las comunidades, así como la disponibilidad de agua en el tiempo.

2. **ATENDER EMERGENCIAS OPORTUNAMENTE:** La disponibilidad de información confiable sobre el comportamiento de los ríos facilita las acciones de prevención y atención de la población que habita en las áreas cercanas a los ríos que presentan variaciones significativas del caudal en el tiempo.
3. **SUMINISTRAR INFORMACIÓN SOBRE LA EFECTIVIDAD DE LOS PROYECTOS AMBIENTALES:** Las inversiones del municipio deben ser evaluadas a través de indicadores de eficiencia que muestren los cambios presentados en el recurso que ha sido objeto del gasto institucional.
4. **IDENTIFICAR EN TIEMPO REAL LAS CONDICIONES DEL RECURSO:** El sistema de análisis de la calidad de agua constituido en red facilita la posibilidad de identificar claramente el estado del río con relación a la presencia de contaminantes, las concentraciones y las tendencias en el tiempo.

El proyecto de Implementación de la Red de Monitoreo del Recurso Hídrico de la ciudad de Santiago de Cali, tiene como objetivos específicos a cumplir con su desarrollo:

- Obtener información climatológica y de niveles de corrientes de agua en tiempo real, para su aplicación en el modelo de simulación hidrológica Lluvia-Caudal para la cuenca del río Cali.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

- Posibilitar la detección temprana de eventos hidrológicos extremos en las cuencas monitoreadas por el DAGMA y de jurisdicción del municipio.
- Suministrar los datos necesarios para comunicar las alertas correspondientes de prevención a los posibles desbordamientos del río Cali, en coordinación con la Oficina Regional de Atención y Prevención de desastres y los comités locales de emergencia.
- Establecer un sistema automático de calidad de las aguas que permita obtener en tiempo real la información sobre la calidad de este recurso, para poder establecer de manera clara el manejo de las cuencas, la limitación de los vertimientos contaminantes y su depuración en origen, ya sean industriales, agropecuarios o urbanos.
- Posibilitar la transmisión de la información a otros sistemas hidrometereológicos que operan bajo el sistema satelital GOES.
- Establecer leyes de variación en espacio y Tiempo de los elementos del régimen hidrológico de las corrientes de agua, lo cual ofrece la posibilidad de obtener valores característicos del régimen hidrológico en otras secciones que carezcan parcial o totalmente de observaciones y mediciones hidrométricas directas.
- Reconstruir el régimen hidrológico natural de las corrientes en caso de que dicho régimen haya sido alterado por la utilización de las aguas.

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

- Determinar los elementos del régimen hidrológico en las secciones en que estén previstas obras hidráulicas de importancia ambiental y/o económica.
- Elaborar las previsiones hidrológicas necesarias para tomar medidas de defensa contra avenidas, inundaciones y otros eventos que puedan tener consecuencias catastróficas.
- Tomar las medidas necesarias para relacionar los programas de aprovechamiento de recursos hídricos de las diferentes entidades, de tal manera que se asegure la explotación racional de las aguas y el funcionamiento normal de las entidades de importancia nacional.

ok Las metas planteadas con la construcción de una red de monitoreo de entradas y salidas de agua de la ciudad permiten a las instituciones comprometidas con la protección y conservación del recurso hídrico tomar decisiones basadas en hechos y datos sobre el futuro de los ríos a través de las inversiones y la implementación de planes de manejo. Es importante anotar que las inversiones realizadas en las cuencas y representadas en posibles cambios en las variables fisicoquímicas, deben ser organizadas a través de indicadores bajo el modelo de Presión, Estado, Respuesta.

El establecimiento de estas redes de base, deben suministrar datos que permitan conseguir los siguientes objetivos, basados en su naturaleza y su función y con el fin de cumplir con las funciones para la cual serán instaladas.

7

PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Con la realización de este proyecto se espera cumplir con los objetivos planteados que a largo plazo, serán esenciales para prevenir y corregir aquellos impactos negativos sobre el estado del recurso hídrico en el municipio de Cali.

8

USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HÍDRICA

USUARIOS DE LA RED DE MONITOREO HIDRICA

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACION.....	3
1. UTILIDAD DE LA INFORMACION GENERADA POR LA RED.....	6
1.1. CALIDAD	7
1.2. ALERTAS Y VARIACIONES DEL CAUDAL.....	8
1.3. CONTRIBUCIONES Y VENTAJAS DE LA INSTALACION DE LAS REDES DE MONITOREO PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS RIOS DE LA CIUDAD	9
2. IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES.....	13
2.1. ESTUDIOS DE INTEGRACION DE LAS INSTITUCIONES	14
2.2. ORGANIZACIONES PARA LA PROTECCIÓN DEL AGUA EXISTENTES EN CALI....	15
2.2.1. Proyecto SIGAM	15
2.2.2. Otras Organizaciones	20
3. FUNCIONES DEL IDEAM EN LA RED DE MONITOREO DE AGUA.....	22
3.1. FUNCIONES RELACIONADAS CON LA INFORMACIÓN GENERADA POR LA RED.	23
3.2. FUNCIONES RELACIONADAS CON LOS PROTOCOLOS PARA TOMA DE MUESTRAS	26
3.2.1. Información de la Red como elemento de Investigación.	27
3.2.2. Propuesta para establecer relaciones institucionales DAGMA - IDEAM	29
4. USUARIOS DEL SISTEMA.....	32
4.1. UNIVERSIDAD DEL VALLE	33
4.2. ALCALDÍA MUNICIPAL.....	34
4.2.1. Contraloría	34
4.2.2. Departamento Administrativo de Planeación.....	35
4.2.3. Oficina de Atención y Prevención de Desastres.	35
4.3 SECRETARIA DE SALUD PUBLICA MUNICIPAL	36
4.4. EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI - EMCALI.....	36
4.5. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA - CVC.....	37
4.6. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE - MMA.	39
4.7. INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM	40
4.8. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA INFORMACION GENERADA POR LA RED	40
4.9 OTRAS INSTITUCIONES	41
5. CONSTITUCION DEL COMITE LOCAL ADMINISTRATIVO DE LA RED DE MONITOREO DE AGUA	43
5.1. PROPUESTA PARA LA CONSTITUCION DEL COMITÉ LOCAL ADMINISTRATIVO .	45
5.1.1. Función de los Laboratorios.....	46

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

5.2. CONSTITUCIÓN DEL COMITÉ TÉCNICO.	47
CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFIA	53

PRESENTACION

En el proceso de constituir la red de monitoreo de agua para los siete ríos de la ciudad de Cali: Cauca, Cali, Aguacatal, Meléndez, Cañaveralejo, Lili y Pance, compuesta por las redes de entradas y de salidas de agua, así como la red de alertas, se considera un elemento importante la integración de las instituciones que pueden formar parte de la gran red de información sobre el recurso hídrico que se deriva de las posibilidades de aprovechar todos los datos posibles sobre el estado y la calidad del recurso.

Se realiza en este documento una presentación general de las instituciones o entidades generadoras de información que potencialmente pueden aprovechar la producida por la red, con miras a formar parte del Comité Local Administrativo que las reúna para planificar de forma eficiente el aprovechamiento sostenible del agua en Cali.

Se considera importante el aporte de las instituciones ambientales existentes a nivel departamental y nacional para la creación de líneas especiales de trabajo, investigación y protección del recurso hídrico en Cali, es por esto que se realiza una presentación de las funciones del IDEAM como principal coordinador y responsable de la política ambiental nacional que se centra en este plan de desarrollo en la protección del agua.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

El documento esta presentado en capítulos, con un contenido esencial para la constitución del Comité Local Administrativo, aunque se menciona que el trabajo de constitución de esta organización apenas comienza un largo camino con la elaboración de otros proyectos como el SIGAM (Sistema de Gestión Ambiental Municipal) que se realizo por parte del DAGMA, así como las iniciativas de organización de algunas agrupaciones de ciudadanos y ambientalistas.

Con el presente proyecto se logra generar las líneas básicas de relación entre el DAGMA como institución ambiental del municipio de Cali, con el resto de iniciativas provenientes de las empresas privadas, los centros educativos, los grupos de investigadores y el cumulo de entidades que ven el recurso agua, que corre por 7 majestuosos ríos como el elemento mas importante para lograr el bienestar y el desarrollo socioeconómico de este municipio.

1. UTILIDAD DE LA INFORMACION GENERADA POR LA RED

1. UTILIDAD DE LA INFORMACION GENERADA POR LA RED

Los resultados de los análisis y tomas de muestras in situ a través de equipos automáticos conectados en cada una de las estaciones de calidad de agua que se ubican en la parte alta y baja de los ríos de la ciudad, se constituyen en un elemento esencial para conocer:

- a) El estado de los ríos de la ciudad:** que diariamente son expuestos a la contaminación.
- b) Los posibles factores de contaminación:** que arrojan información sobre aquellas actividades que generan impactos en las condiciones del agua.
- c) Las posibilidades de solucionar los daños generados:** a partir de la identificación y reconocimiento de las causas de la contaminación y del cambio de las características del río.
- d) La programación de las inversiones destinadas a los ríos:** al hacer énfasis en aquellos ríos donde las condiciones de salud o de calidad de agua exigen una solución oportuna.
- e) Arrojar información oportuna sobre los ríos para la toma de decisiones:** relacionadas con el futuro aprovechamiento del recurso, la planificación de las Inversiones, el diseño de obras de infraestructura, entre otras.

La lista de beneficios del monitoreo del agua son una parte de las innumerables ventajas que representa tener instalado un sistema de vigilancia de los ríos que además de constituirse en elemento importante para el desarrollo de Cali, se convierten en un riesgo inminente en los

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

periodos de invierno o con la aparición de fuertes aguaceros. A continuación se presentan algunas de las justificaciones clasificadas por tópicos:

1.1. CALIDAD

El análisis de la calidad del agua se realiza considerando los parámetros estipulados en el decreto 1594 de 1984 que comprende un grupo de nueve elementos que son de obligatoria vigilancia para empresas e instituciones comprometidas con los ríos.

1. Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días.
2. Demanda Química de Oxígeno.
3. Sólidos Suspendidos.
4. Potencial de Ion Hidronio, H^+ .
5. Temperatura.
6. Oxígeno Disuelto.
7. Caudal.
8. Datos Hidrobiológicos.
9. Coliformes (NMP)¹.

Uno de los objetos de crítica al listado de parámetros presentados es que no se consideran elementos importantes que permiten evaluar la calidad de agua a partir de las concentraciones de sustancias presentes en el agua, que representan un peligro para la salud humana cuando se encuentran en concentraciones superiores a las permisibles.

¹ NMP: Numero Mas Probable.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Los datos generados por el sistema de monitoreo, conformado por la red 2 de entradas a la ciudad, y la red 1 de salidas de agua, generan información valiosa para conocer no solo el estado del río, sino para determinar cuales son las acciones más urgentes a implementar con el fin de reducir el impacto en la comunidad que tiene el uso del agua contaminada que no cumple con los valores de concentraciones establecidos por la ley.

Dentro del estudio se han determinado los parámetros a monitorear para cada río, los cuales presentan variaciones de acuerdo a las condiciones de cada uno y del uso del agua.

1.2. ALERTAS Y VARIACIONES DEL CAUDAL

Específicamente la red de alertas arrojará información en tiempo real sobre las variaciones de caudal que se estén presentando en las partes alta y media de los ríos que representen un riesgo para la vida de la población de los barrios que se encuentra ubicados dentro de la zona de amortiguación de los ríos de la ciudad, facilitando las decisiones para la atención de emergencias.

Este tipo de información será de suma importancia para el DAGMA, el Municipio de Cali con su oficina de atención y prevención de desastres, para la población en general que en el mediano plazo tendrá un mejor conocimiento sobre el comportamiento de los ríos de la ciudad en periodos de invierno, y finalmente los centros de investigación del recurso hídrico para simular y ajustar los futuros modelos lluvia caudal que sean elaborados para cada río de la ciudad que presenta variaciones

que los hacen difíciles de simular con la aplicación de modelos y funciones estándar.

De forma resumida las ventajas que representa la tenencia de las estaciones de monitoreo radican en la posibilidad de conocer sobre el comportamiento de los ríos de manera inmediata, creando la posibilidad de establecer correctivos con mayor efectividad.

1.3. CONTRIBUCIONES Y VENTAJAS DE LA INSTALACION DE LAS REDES DE MONITOREO PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS RIOS DE LA CIUDAD

Desde años atrás instituciones como la CVC, la Universidad del Valle y el actual IDEAM, generan información sobre el estado de algunos ríos de Cali, que presentan el problema de no ser permanentes, en muchos casos no representan una alta confiabilidad y de no ser divulgados de forma masiva entre el resto de entidades interesadas en la situación de los ríos. En este caso, la información centralizada en el DAGMA, que se obtendrá como producto del funcionamiento de las redes de monitoreo, representa una ventaja importante y es de gran utilidad por las siguientes razones:

Facilita el conocimiento del estado de los ríos: al suministrar datos sobre la concentración de las sustancias más significativas que se encuentran presentes en el agua por los vertimientos de empresas, viviendas u otros agentes ubicados aguas arriba de las estaciones. Adicionalmente se identifican los posibles elementos que pueden afectar la salud humana y del río.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Permite la planificación del uso del agua: a través de la implementación de planes dirigidos a mejorar la calidad de los ríos en el tiempo.

Sirve de soporte para la gestión de proyectos dirigidos a los ríos: se constituye en la fuente generadora de datos importantes para la gestión de recursos y de proyectos relacionados con el agua en el municipio, pues actualmente instituciones mundiales comprometidas con la protección del recurso hídrico en el planeta se encuentran interesadas en destinar recursos a los ríos de países en vías de desarrollo, situación que puede ser aprovechada para mejorar los sistemas de monitoreo y prevención.

Facilita la medición de la gestión ambiental del municipio en la protección del recurso hídrico: al facilitar elementos de medición y de comprobación en la eficiencia de las inversiones que se realizan para mejorar la calidad de los ríos.

En términos generales el cúmulo de datos generados por la red facilitará el desarrollo de acciones de protección de las cuencas a partir del análisis sobre la calidad del agua de los ríos monitoreados por medio de las estaciones, sin embargo los beneficios solo se percibirán cuando la estación sea instalada completamente, así como el sistema de comunicación. Se ha estimado para esto que la red debe estar funcionando iniciando el año 2002, con la completa instalación de los equipos y elementos requeridos según el estudio y los términos de referencia.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Adicionalmente el conocimiento de las condiciones ambientales del país presentaran un mejoramiento al involucrar los datos generados por la red al IDEAM, que posee una completa información de los datos de cada una de las estaciones ubicadas en el país con funciones diferentes. Esta institución de orden nacional es la coordinadora de las acciones y políticas ambientales relacionadas con el recurso hídrico, así como de las evaluaciones del estado del agua y de otros recursos naturales.

Se encuentra como conclusión de este capítulo que las estaciones de monitoreo deben ser aprovechadas de la mejor manera como la fuente mas confiable de información sobre las condiciones del recurso hídrico de la ciudad, que utilizada de forma racional y planificada reducirán los riesgos asociados a las crecidas o variaciones del caudal en el tiempo.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

2. IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES

2. IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES

Con el fin de constituir un Comité Local Administrativo que integre todas las instituciones relacionadas con el tema del agua en el municipio de Cali, se recopiló información que permitiera enumerar las existentes.

Esta clasificación permite que las agencias públicas, los centros de investigación, las fundaciones y los laboratorios sean identificados para una convocatoria posterior dentro de este proceso de constitución de la red integrada de monitoreo del recurso hídrico. A su vez, esta información permitirá clasificar las instituciones mencionadas en agentes generadores o usuarios de los datos que forman parte de la red.

Se consultaron los proyectos anteriores realizados por el DAGMA para este fin, dentro de los cuales el proyecto para el estudio de coordinación del sistema de gestión ambiental municipal -SIGAM, presenta aspectos importantes y una relación completa de las entidades que por su naturaleza integrarían potencialmente comités de distintos recursos naturales, incluyendo el agua.

Dentro del proyecto SIGAM se presentan los componentes de los diferentes subsistemas, entre los que se encuentra el subsistema recursos hídricos con una fuente constitucional.

2.1. ESTUDIOS DE INTEGRACION DE LAS INSTITUCIONES

El municipio de Cali y el DAGMA han promocionado desde 1995 la necesidad de vincular a la sociedad civil en la planificación y organización del uso de los recursos naturales, lo que ha dado como resultado un interés en diseñar las vías o las alternativas para la creación de comités o grupos que cumplan este fin.

Existen organizados en el DAGMA los estudios realizados para lograr la integración de las instituciones alrededor de los problemas y las necesidades de protección de los diferentes recursos naturales, entre estos se encuentran los siguientes:

- Perfil ambiental rápido urbano del municipio de Cali.
- Plan estratégico para la gestión ambiental de Santiago de Cali.
- Desarrollo de instrumentos jurídicos para optimizar la normatividad en materia policiva ambiental y de cobro de tarifas por servicios que presta el DAGMA.
- Formulación e implementación del plan de desarrollo institucional y manual de organización y métodos.
- Evaluación del SIGAM, ajuste, generación de instrumentos necesarios y formulación del plan de gestión ambiental 1998-2000.

Los resultados de estos estudios resaltan la necesidad de integrar en un sistema de información e intercambio de experiencias, todas las entidades estatales, las no gubernamentales y privadas que centran sus actividades en los recursos naturales con acciones de investigación de

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

protección, para constituir un sistema de información ambiental eficiente y operativo en el municipio de Cali.

2.2. ORGANIZACIONES PARA LA PROTECCIÓN DEL AGUA EXISTENTES EN CALI

Se presentan a continuación las organizaciones formales que hasta la fecha existen en el municipio de Cali, que cumplen una función de protección del recurso hídrico.

2.2.1. Proyecto SIGAM

Para el recurso hídrico en el municipio de Cali se crean los subsistemas agua y recurso hídrico, con un fundamento constitucional y legal que lo fortalecen como integradores de las entidades relacionadas con el y la conservación de las cuencas, entre las que se encuentran:

CUENCAS HIDROGRAFICAS	AGUA
♣ CVC. ♣ EMCALI. ♣ Departamento Administrativo de Planeación Municipal. ♣ Secretaría de Mantenimiento Vial. ♣ Secretaría de Ordenamiento Urbanístico. ♣ Corporenorde. ♣ Procuenas. ♣ UNIVALLE. ♣ Fundación Farallones. ♣ Fundación Génesis.	♣ CVC. ♣ EMCALI. ♣ Secretaría de Salud. ♣ Departamento Administrativo de Planeación Municipal. ♣ ACODAL. ♣ CINARA. ♣ UNIVALLE. ♣ CICCA.

Fuente: Informe final proyecto SIGAM. DAGMA 2000.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Los comités están conformados por las instituciones convocadas a la constitución del Sistema de Gestión Ambiental Municipal², realizado como parte del proyecto del DAGMA con el mismo nombre, el cual busca integrarlos. Cada una de las instituciones presenta diferentes relaciones con el recurso hídrico, que se consideran vitales para lograr la completa organización y planificación de las actividades relacionadas con el agua en el municipio de Cali.

Es importante anotar que en Cali existen más instituciones relacionadas con el recurso agua que por su poca divulgación o disponibilidad no se encuentran como parte del comité, sin embargo se espera que en el futuro se integren.

Las funciones de las instituciones que integran los subsistemas de agua y recurso hídrico son las siguientes, diferenciadas entre generales y específicas, extraídas del informe final del proyecto en mención:

SUBSISTEMA AGUA

FUNCIONES GENERALES	◆ Garantizar un manejo sostenible de los recursos naturales asociados a la conservación y protección de las fuentes de agua en general, en cantidad y calidad suficientes, para el sostenimiento de las actividades humanas con prioridad en los requerimientos de consumo y uso doméstico de la población. ◆ Apoyar el diseño y ejecución de proyectos que garanticen la disposición final y el tratamiento adecuado de las aguas residuales del municipio. ◆ Proponer políticas de estímulos e incentivos para el sector industrial con del fin que desarrollen procesos de reconversión industrial y tecnologías limpias. ◆ Estimular tecnologías y mecanismos para el uso racional y
-----------------------------------	---

² DAGMA. Estudio de Coordinación del Sistema de Gestión Ambiental Municipal - SIGAM. Noviembre de 2000.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

	eficiente del agua, en los sectores agrícola, industrial y doméstico.
FUNCIONES ESPECIFICAS	◆ Consecución del inventario de usuarios por cada cauce superficial y de aguas subterráneas. ◆ Fortalecer los mecanismos de coordinación intersectorial e Interinstitucional para mejorar el manejo de recursos. ◆ Crear en el comité un espacio para concertar estrategias en la protección del recurso. ◆ Proponer controles técnicos que garanticen la medición de los niveles de contaminación del recurso hídrico, propiciar un diagnóstico actualizado de la situación en cuanto a la contaminación del recurso. ◆ Establecer mecanismos para conocer los avances tecnológicos en el control y tratamiento del sistema.

Fuente: DAGMA. Proyecto SIGAM. Septiembre 2000.

Analizando los objetivos del subsistema se encuentra que hacen referencia a la necesidad de reducir de forma conjunta la contaminación del agua como consecuencia de los usos inadecuados y de la mala disposición de los vertimientos. No es claro el alcance del comité con relación al fomento de la investigación para mejorar las condiciones del agua, a pesar de mencionarse en la cuarta función general el apoyo a alternativas para hacer un uso racional del recurso.

Analizando los objetivos específicos se encuentra que los compromisos y funciones del comité se centran en la protección de la calidad y condiciones del agua aprovechando de la mejor manera los datos que las instituciones puedan suministrar.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

La cuarta función específica hace referencia a la importancia de los controles de la contaminación a través de instrumentos técnicos, que además facilite conocer la magnitud de los problemas existentes en cada río. Este punto hace referencia a la red de monitoreo de la calidad que se constituye en el objeto del presente documento.

SUBSISTEMA: CUENCAS HIDROGRÁFICAS

FUNCIONES GENERALES	◆ Implementar a nivel institucional un Plan de manejo y ordenamiento de cuencas hidrográficas. ◆ Adelantar acciones tendientes a la protección y recuperación de las cuencas hidrográficas. ◆ Establecimiento de mecanismos efectivos a nivel institucional para evitar la ocupación de suelos en zonas de protección, vertimientos inadecuados de aguas residuales, disposición de escombros y basuras, extracción de material de río. ◆ Promover acciones e incentivos para reforestación y protección de las riberas de los ríos y áreas de reserva forestal. ◆ Garantizar la protección de los ecosistemas estratégicos del municipio representados en el Parque Nacional Farallones, áreas de reserva forestal, humedales, lagunas y acuíferos mediante la definición de áreas de manejo especial. ◆ Desarrollar espacios de concertación para resolución de conflictos de uso de las cuencas para evitar el deterioro de los recursos ambientales.
FUNCIONES ESPECIFICAS	◆ Priorizar los ríos y las actividades a realizar en cada uno de ellos de acuerdo a la frecuencia e intensidad de los problemas (construcción de obras de protección). ◆ Definir mecanismos efectivos de control para evitar a) la ocupación de suelos en la zona de protección; b) vertimientos de aguas residuales (domésticas e industriales); c) disposición de escombros y basuras; d) extracción de material de río.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

	◆ Identificar y desarrollar alternativas sostenibles de usos del suelo y aprovechamiento de recursos en áreas de Reserva Forestal. ◆ Establecer una reglamentación ambiental para el manejo de las zonas de sustracción de las áreas de reserva forestal. ◆ Fijar sanciones y estímulos para garantizar el cuidado de las áreas de protección de las cuencas hidrográficas. ◆ Determinar en cada río el nivel de bordo máximo que debe ser tenido en cuenta para la construcción de cualquier obra cercana o sobre el mismo, definiendo el periodo de retorno para el cual fue calculada.
--	--

Fuente: DAGMA. Proyecto SIGAM. Septiembre de 2000.

La presentación de las metas y objetivos de el subsistema de cuencas hidrográficas se centra en las acciones encaminadas a dar en el tiempo un buen manejo de las cuencas hidrográficas, comprendiendo la priorización de aquellas más urgentes.

Estas funciones del subsistema de cuencas hidrográficas se dirigen a la planificación en el aprovechamiento de los recursos agua y suelo, especialmente en la parte alta, que se considera como un elemento esencial en la conservación de las condiciones del agua, así como en el mejoramiento de la calidad en el tiempo.

Se propone en los estudios consultados que los subsistemas sean coordinados directamente por el DAGMA, con la formalización de estas funciones a través de la presentación de acuerdos municipales aprobados por el Concejo de Cali.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

A continuación se hace una breve presentación de las instituciones no estatales que adelantan acciones de conservación del agua y de protección de las cuencas hidrográficas en el municipio de Cali.

2.2.2. Otras Organizaciones

Existen grupos especiales con áreas de incidencia menores cuya función principal es la protección y conservación del recurso hídrico y las cuencas hidrográficas, conformados por la comunidad, dándole un carácter legal con el trámite de la personería jurídica.

Adicionalmente las fundaciones y asociaciones de carácter ambientalista existentes en Cali, presentan dentro de sus estatutos la función de protección del recurso hídrico. Existe un listado de las más importantes en la oficina de enlace con la comunidad de la CVC, el cual puede ser consultado para convocatorias posteriores a la conformación de subcomités de recursos hídricos.

Se destacan entre los listados algunas organizaciones no gubernamentales que con recursos gestionados con organizaciones internacionales realizan inversiones de protección de las cuencas y hacen oficial su preocupación por el estado del agua.

3. FUNCION DEL IDEAM EN LA RED DE MONITOREO DE AGUA

3. FUNCIONES DEL IDEAM EN LA RED DE MONITOREO DE AGUA

El Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológicos, IDEAM, se constituye en el organismo ambiental encargado de manejar y aplicar la política ambiental nacional. Dentro de las funciones específicas que desempeña se encuentra *"dirigir, conceptualizar, diseñar y operar un instituto que obtenga, procese, analice, proyecte y divulgue el conocimiento ambiental del país para facilitar el desarrollo sostenible"*³.

Como fue planteado en los términos de referencia de este proyecto, es importante considerar el IDEAM por las contribuciones y apoyos de información que pueden suministrar con relación a la red hídrica del municipio de Cali que se instalará y pondrá en funcionamiento en los periodos posteriores, así como por la experiencia y conocimiento del recurso hídrico del país.

A continuación se presentan las funciones que desempeñará este Instituto en la red propuesta, de acuerdo a las actividades determinadas internamente por las subdirecciones, que son importantes y están ligadas con el recurso agua.

Es importante anotar que el IDEAM es un organismo de carácter nacional con incidencia en las políticas ambientales de los Departamentos a través de la coordinación con las Corporaciones Autónomas Regionales, las cuales ejecutan las líneas de acción definidas conjuntamente.

³ IDEAM. Pagina Web: WWW.IDEAM.gov.co

3.1. FUNCIONES RELACIONADAS CON LA INFORMACIÓN GENERADA POR LA RED.

Con relación al tema del recurso hídrico en Colombia, el IDEAM tiene claramente unos objetivos de dirección y coordinación que se presentan así⁴:

- Dirigir y coordinar la producción de información y de conocimientos sobre el recurso hídrico.
- Poner al servicio del desarrollo sostenible del país la información relacionada con el recurso hídrico.
- A través del conocimiento e información ambiental suministrar una oferta amplia de productos hidrometeorológicos y ambientales para generar en el país una cultura del medio ambiente que le permita tomar decisiones acertadas y oportunas para aminorar los posibles impactos de los fenómenos naturales y climáticos sobre la población y el sector productivo.

La subdirección de hidrología del IDEAM, encargada de la generación de información relacionada con el recurso hídrico en el país, se presenta como la sección más apropiada para actuar como receptora de la información que la red de calidad de agua y de alertas de la ciudad que sea generada, con el fin de conocer de manera más precisa la situación del agua en el país.

⁴ Ibid IDEAM.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Dentro de las funciones que presenta esta subdirección que se presentan a continuación, existen ciertos puntos que corroboran la importancia y el compromiso del IDEAM con la protección del agua⁵:

- Seguimiento y control de calidad en las diferentes etapas del flujo de la información.
- Reingeniería de la red hidrométrica⁶.
- Desarrollo de una base de datos que permitirá, a través de relaciones y ecuaciones matemáticas, interpretar el estado y la dinámica del recurso hídrico y de su relación con el medio natural y con los procesos socio económicos.

Como se observa las funciones se dirigen especialmente a la organización de los datos y resultados del estado del agua en las regiones del país, para generar diagnósticos precisos en el tiempo. Un elemento que se consideró importante después de revisar la información existente sobre este instituto es la organización de los datos que las Corporaciones Autónomas de varios departamentos del país, incluyendo el Valle del Cauca, trasladan para ser presentados en gráficos y tablas que se activan en un mapa de Colombia como se presenta en la siguiente figura:

FIGURA 3.1. RED AUTOMATICA HIDROMETEOROLÓGICA Y AMBIENTAL

⁵ Ibid IDEAM.

⁶ Como respuesta al desarrollo y uso de los recursos hídricos en el país, el IDEAM realiza actualmente la evaluación y ajuste de la Red Hidrométrica, para optimizarla, considerando los factores físicos del territorio y los factores políticos, culturales y económicos. Ver: IDEAM.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.



Fuente: IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/web/historia/redes/mapaut.htm>

Todas las estaciones existentes son registradas en el mapa para la posterior consulta sobre el comportamiento de los ríos a través de las estaciones hidrológicas que se encuentran señaladas con la convención de color rojo.

3.2. FUNCIONES RELACIONADAS CON LOS PROTOCOLOS PARA TOMA DE MUESTRAS

El IDEAM como instituto ambiental es la encargada de **validar** los protocolos para la toma de muestras y la **aprobación** de los equipos que pueden ser utilizados para diferentes tipos de parámetros y sustancias presentes en el agua. En este caso es indispensable tener en cuenta los tipos de equipos y procedimientos existentes para la toma de muestras y análisis de laboratorios, así como los equipos aceptados, sean manuales o automáticos para el registro de concentraciones de sustancias en el agua. El no considerar los protocolos incrementa el riesgo de registrar información sesgada o sin validez como dato de contaminación del agua en el municipio de Cali.

En los documentos que componen el estudio de los componentes de la red hídrica se consideran los protocolos mencionados para los parámetros considerados en el Decreto 1594 de 1984, divididos en:

- ◆ Las sustancias para el establecimiento de modelos de simulación de la calidad⁷,
- ◆ Sustancias de interés sanitario⁸,
- ◆ Las sustancias objeto de monitoreo según los criterios de calidad admisibles⁹, y
- ◆ Las concentraciones para el control de la carga de las sustancias de interés sanitario¹⁰.

⁷ Decreto 1594 de 1984. Artículo 24.

⁸ Ibid. Dec. 1594 de 1984. Artículo 20, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44.

⁹ Ibid. Dec. 1594 de 1984. Artículo 45.

¹⁰ Ibid. Dec. 1594 de 1984. Artículo 74.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Todas las especificaciones sobre la toma de muestras permiten construir un sistema de monitoreo adecuado para el recurso hídrico en el municipio de Cali, con la seguridad de que los resultados servirán como indicador de las condiciones del recurso hídrico en el Valle del Cauca, especialmente en la zona suroccidente.

3.2.1. Información de la Red como elemento de Investigación.

Como se mencionó anteriormente, el IDEAM realiza permanentes investigaciones sobre el estado del recurso hídrico en las diferentes regiones del país, las cuales pueden ser desarrolladas con el aprovechamiento de datos constantes y seguros, que les permite cumplir con los objetivos que forman parte de diferentes áreas de trabajo como ¹¹:

- Estudio nacional del agua
- Estudio de la relación oferta- demanda y vulnerabilidad.
- Identificación de las zonas de mayor presión y conflicto de uso del recurso.
- Determinación en forma general, con base en un modelo conceptual los balances hídricos en el plano nacional, regional y local, caracterizando la oferta, la demanda y estimando las limitaciones para el uso del agua por presiones sobre la calidad del recurso y por efecto de la regulación hídrica.
- Análisis de los efectos sobre el medio natural e impactos socioeconómicos de fenómenos como el Niño y la Niña.

¹¹ Ibid IDEAM. Consultar Página web: www.ideam.gov.co.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

En los documentos consultados sobre el IDEAM aparece el siguiente párrafo que define de forma clara y precisa las razones por las cuales se realizan permanentes acciones de investigación y monitoreo de las fuentes de agua, basados en la oferta:

"El objetivo es la cuantificación actualizada y cada vez más precisa de la oferta hídrica en las diferentes regiones del país, en cualquier época del año, para ordenar su uso en función de la disponibilidad, teniendo en cuenta la ecuación del Balance Hídrico, basada en el principio de que durante un cierto intervalo de tiempo el aporte total a una cuenca o cuerpo de agua debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento de dicha cuenca o cuerpo de agua¹².

Obsérvese que las investigaciones exigen un conocimiento completo de las condiciones del agua en las regiones, aporte que puede darse por parte del DAGMA para el conocimiento de la red. Actualmente la CVC envía los resultados de los monitoreos de las estaciones automáticas que posee en el río Cauca, los cuales pueden ser consultados periódicamente y que son actualizados cada mes.

Luego de ser procesada la información puede ser publicada por parte del IDEAM se pone a disposición para el público en general interesado en la calidad, el comportamiento y la disponibilidad del recurso hídrico, a través del Internet y las publicaciones.

¹² Ibid. IDEAM. subdirección hidrología, investigación y modelación.

3.2.2. Propuesta para establecer relaciones institucionales DAGMA - IDEAM

Para el aprovechamiento de toda la información generada por la red como contribución al cumplimiento de las políticas ambientales relacionadas con el recurso hídrico en el país, es importante establecer relaciones institucionales mediante las cuales el DAGMA y el IDEAM adquieran compromisos delimitados dentro de:

- a) El suministro de la información de la red: Para la generación de datos y resultados importantes sobre el estado del recurso hídrico en Cali.
- b) El aprovechamiento de resultado de investigaciones: que se desarrollen con el uso de la información y los datos suministrados por la red de monitoreo.
- c) La asesoría en el manejo de datos, toma de muestras y uso de las estaciones: para dar un mejor uso de la red y potencializar los recursos económicos destinados al agua en el municipio de Cali.

El DAGMA como entidad ambiental puede aprovechar de mejor manera la red automática que será instalada en una etapa posterior en el proceso de creación del sistema de monitoreo ambiental del recurso hídrico estableciendo estas relaciones institucionales que en el largo plazo se constituyen en una oportunidad de integrar las políticas de mejoramiento de la calidad y características de los recursos naturales entre los que se encuentra el agua como el factor de desarrollo y de bienestar de las comunidades.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

4. USUARIOS DEL SISTEMA

4. USUARIOS DEL SISTEMA

Con la red hídrica y sus estaciones conectadas para generar información sobre el estado de los ríos, se han generado muchas expectativas, especialmente por el tipo de información que se puede obtener con fines diversos, entre los que se encuentra la posibilidad de tomar decisiones relacionadas con el gasto en la protección del agua en el municipio de Cali. Su alto valor e importancia hace necesario definir los posibles usos que se le puede dar a la información generada por la red por parte de las diferentes instituciones de carácter público, privado, educativas, de vigilancia y control, entre otras, que permitirá cumplir con la protección del agua y las cuencas.

Se han determinado como usuarios del sistema y beneficiarios de segundo orden de la información, las siguientes instituciones que cumplen con unas característica especial, y es la preocupación por el estado del recurso hídrico, ya sea como indicador de eficiencia o como objeto de investigación:

- ◆ Universidad del Valle
 - CINARA
 - Mecánica de Fluidos.
- ◆ Alcaldía Municipal.
 - Contraloría.
 - Departamento Administrativo de Planeación.
 - Oficina de Atención y Prevención de Desastres
- ◆ Secretaria de Salud Pública Municipal.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

- ◆ Empresas Municipales de Cali - EMCALI
- ◆ Secretaria de Salud Pública Municipal. *⇒ ya se mencionó*
- ◆ Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC.
- ◆ Ministerio del Medio Ambiente - MMA.
- ◆ Instituto de Estudios Ambientales - IDEAM.

Estas instituciones mencionadas aprovecharán la información generada por la red de monitoreo a través de consultas directas al DAGMA, quien actuará como receptor de los datos, así como coordinador del proyecto SIGAM que se describió en los capítulos anteriores. Cada una presenta diferentes intereses con relación a estos datos, entre los cuales se encuentra uno común, que consiste en **la toma de decisiones a partir de resultados.**

4.1. UNIVERSIDAD DEL VALLE

En el caso de la Universidad del Valle y sus centros de investigación estos datos son importantes para la elaboración o validación de investigaciones que se relacionan con el recurso hídrico en la región o puntualmente para el municipio de Cali.

Es importante resaltar el aporte que realiza esta universidad a la integración de información histórica de los ríos de la ciudad en la realización de las tesis de grado e investigaciones que se constituyen en las recopilaciones más completas, que complementadas con los resultados arrojados por la red de monitoreo facilitaran la producción de nuevas alternativas para el manejo de la información, utilización de las cuencas o el desarrollo de diferentes tópicos.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Departamentos como el de procesos químicos y Biológicos de la facultad de ingeniería Sanitaria serán las principales interesadas en este tipo de información, así como el Centro de Investigación CINARA¹³ que se enfoca en el estudio de este recurso.

4.2. ALCALDÍA MUNICIPAL

Para las dependencias que pertenecen a la Alcaldía Municipal es de suma importancia el aporte que pueden dar a la elaboración de indicadores de eficiencia de las inversiones en el recurso hídrico que se realizan en todas las cuencas de la ciudad de Cali, anotando que la información para las cuencas de los ríos Pance y Cauca será suministrada por la CVC a través del convenio establecido desde 1998 y que se renueva anualmente.

4.2.1. Contraloría

Es importante conocer para esta dependencia cuales han sido los resultados de las inversiones en mejoramiento de la calidad del agua en términos de la variación de las descargas contaminantes, así como el conocimiento de las necesidades de gastos focalizados en ciertas zonas. Adicionalmente, la eficiencia de los tipos de proyectos realizados en cada una de las cuencas podrá ser medido a partir de los cambios en las características de la calidad del agua o las modificaciones en la oferta.

¹³ Centro Inter-regional de Abastecimientos y Remoción de Aguas.

4.2.2. Departamento Administrativo de Planeación.

Como responsable de la planificación y el desarrollo del municipio de Cali, el DAPM¹⁴ aprovechará la información suministrada por la red para identificar el estado de los ríos relacionándolo con los niveles de concentración poblacional en algunas de las cuencas de los ríos, así como la determinación de las zonas hacia donde debe expandirse la ciudad de acuerdo a la capacidad de acceder al servicio de acueducto en ciertas zonas.

De otro lado, se consideran las emergencias presentadas en ciertas zonas de la ciudad como la razón mas fuerte para establecer acciones de prevención contra los asentamientos o las programaciones de expansión de la ciudad, que únicamente pueden ser proyectadas o seleccionadas con base en la información hidrometeorológica que será generada con la red ubicada en la parte alta de los ríos que se constituyen en objeto del presente estudio.

4.2.3. Oficina de Atención y Prevención de Desastres.

Por la información que arrojará la red de monitoreo sobre el comportamiento del caudal de los ríos en periodos de estiaje y de invierno, esta oficina podrá aprovechar de mejor manera los datos sobre las variaciones del caudal en el tiempo, especialmente cuando se superan los niveles de lluvia o de caudal que han sido estimados como críticos para la declaración de alertas en ciertas zonas de la ciudad o la evacuación en los casos que lo amerite.

¹⁴ En adelante se citará a este departamento con su respectiva sigla.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

La importancia de la información de las variaciones del caudal se considera como una de las razones que llevan a instalar las estaciones de alertas en la parte alta de los ríos que forman parte del estudio especialmente el río Cali que se constituye en uno de los problemas con la comunidad al presentarse situaciones de emergencia que afectan la vida de los habitantes de zonas de riesgo en la ciudad. De esta manera las estimaciones que se pueden desprender de los análisis de la información hidrológica podrán contribuir a la selección de aquellos sitios en los cuales no se pueden permitir por ningún motivo los asentamientos.

4.3 SECRETARIA DE SALUD PUBLICA MUNICIPAL

Por tener como objetivo principal el control de la calidad del agua y la prevención de la proliferación de vectores y epidemias, los datos de calidad del agua de cada río serán de gran importancia para la aplicación de medidas encaminadas a la reducción de riesgos asociados con el agua.

4.4. EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI - EMCALI

La Gerencia de Acueducto y Alcantarillado de esta empresa de servicios públicos, ve de suma importancia la información que podría ser generada por la red, especialmente para los ríos donde se encuentran instaladas las bocatomas: Cali, Meléndez y Cauca.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Como la información generada consiste básicamente en concentraciones de sustancias de interés sanitario, es posible establecer correctivos para que las captaciones de agua sean lo mas confiables posible, sin generar efectos en la salud humana.

Como actividades ligadas a la potabilización y al suministro del servicio de acueducto en la ciudad, esta empresa realiza muestreos periódicos y análisis de laboratorio para evaluar la calidad del agua, los cuales podrán servir de base para la verificación de la validez de los resultados obtenidos en las estaciones automáticas, adicionalmente se pueden evaluar por parte de EMCALI las características generales del agua destinada para consumo humano en la ciudad.

4.5. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – CVC.

Como entidad ambiental de orden regional, la CVC se constituye en una de las instituciones mas interesadas en la información producida por la red, ya que la Unidad de Manejo de Cuenca – UMC- comprendida por las cuencas de los ríos Cali, Pance Meléndez y Aguacatal, se encuentra dentro del área de jurisdicción.

Desde 1998 se vienen firmando convenios interinstitucionales entre la CVC y el DAGMA para el intercambio de información y, principalmente, al aporte de recursos por parte de la CVC para la realización de proyectos que benefician el ambiente de la ciudad, cuya eficiencia podrá ser medida, para el caso de inversiones directas en obras que mejoren

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

la calidad del agua, a través de los cambios en la calidad del agua de los ríos que son objeto de vigilancia para la CVC.

Adicionalmente en este momento se encuentra en funcionamiento una red de monitoreo de la calidad del agua para el río Cauca, compuesta por estaciones automáticas en diferentes puntos de los ríos, y como se cita en el estudio de la red de salidas o red 1 se encuentra una de ellas en la zona de desembocadura del río Cali en el río Cauca. Precisamente dentro de los resultados del estudio se considera la unión en el intercambio de información de la red hídrica de Cali con la que actualmente es de la CVC, incluyendo las estaciones ubicadas en esta ciudad.

El interés de la CVC consiste básicamente en la complementación de la información sobre el estado de los ríos en el municipio de Cali que representa la mayor carga contaminante a los ríos del Valle del Cauca, afectando la calidad del agua y el acceso del recurso a los municipios ubicados aguas abajo.

Existen en la CVC dos secciones interesadas directamente en los datos y análisis realizados a partir del funcionamiento de las estaciones de monitoreo que son **el grupo de monitoreo ambiental y el grupo de calidad ambiental¹⁵**, los cuales se encargan de vigilar el estado del agua de los ríos del departamento y por ende los de la ciudad de Cali, adicionalmente el grupo de monitoreo ambiental es el encargado de manejar las estaciones de monitoreo del río Cauca y el centro de control

¹⁵ Es importante anotar que estos grupos poseen registros históricos importantes sobre la calidad de los ríos en diferentes meses del año y en diferentes estaciones ubicadas a lo largo de los principales ríos para el departamento.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

de todos los equipos para la recolección de la información y la vigilancia de los mismos.

Se concluye finalmente que la CVC juega un papel importante en la caracterización de las condiciones del recurso hídrico de Cali, así como en la identificación de las acciones a seguir para la protección del recurso hídrico en el municipio.

4.6. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE – MMA.

Como coordinador y responsable principal de la política ambiental nacional, el MMA (por su sigla) desarrolla una función importante en el desarrollo de los sistemas de monitoreo de los diferentes recursos. Actualmente es el impulsor de la instalación de dichas estaciones en las principales ciudades del país para vigilar el comportamiento de la calidad del aire y, por supuesto, del agua.

Como beneficiaria de la información existen muchas ventajas. La primera se origina en la posibilidad de aprovechar la experiencia de Cali para demostrar la posibilidad de implementar en monitoreo de los principales recursos a partir de estaciones automáticas fijas; la segunda se basa en la recopilación de información sobre el estado del recurso hídrico en el suroccidente del Valle del Cauca; la tercera con la posibilidad de tener información oportuna sobre los resultados de las inversiones en medio ambiente que se realizan en Cali, y finalmente la cuarta que es el cumplimiento de la protección del recurso hídrico como se presenta en la política ambiental del Plan de Desarrollo, que toma precisamente el agua como eje central.

4.7. INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

Como se menciona en el capítulo anterior de este documento, el IDEAM es uno de los principales usuarios del sistema, que consisten básicamente en la realización de estudios, investigaciones y diagnósticos de la oferta y estado del recurso hídrico en el país y por cada región determinada.

Es importante informar a este instituto de los resultados y datos consolidados cada mes para su vinculación y registro en los informes y publicaciones que se realizan, así como de los estudios sobre el comportamiento de los ríos frente a fenómenos climáticos.

4.8. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA INFORMACION GENERADA POR LA RED

Los usos dados a la red hídrica del municipio de Cali por parte de diferentes instituciones de carácter público principalmente, se resumen a la revisión y recopilación de los datos una vez han sido aprobados y validados por la sección del DAGMA encargada para este fin. Esto hace necesario que los datos sean publicados y divulgados oportunamente.

Para fortalecer los compromisos que se deseen tener con las información de la red se sugiere la realización de convenios entre el DAGMA y el resto de las instituciones con el fin de dar un buen uso a la información, y como elemento importante **homogeneizar la información**

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

existente sobre los ríos de la ciudad, que permita realizar proyecciones y análisis que partan del mismo tipo de información, reduciendo las tomas de muestras adicionales solo a las necesarias dependiendo de los fines de cada una de ellas.

De otro lado, el DAGMA como la entidad ambiental de Cali, es la única autorizada para divulgar datos sobre la calidad del agua, elemento que debe aprovechar para posicionarse en el municipio a través de la socialización de los mencionados resultados.

Finalmente la red de alertas y la red de monitoreo de la calidad del agua para los ríos de Cali, se constituirá en el elemento integrador de los diferentes sectores relacionados con el recurso agua, contribuyendo al desarrollo de una política integral para el municipio de Cali en el futuro.

4.9 OTRAS INSTITUCIONES

ACODAL (Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental).

CICCA (Centro de Investigaciones en Control de la Contaminación Ambiental).

ONG'S del Municipio de Cali, y el Departamento del Valle.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

5. CONSTITUCION DEL COMITE LOCAL ADMINISTRATIVO DE LA RED DE MONITOREO DE AGUA

5. CONSTITUCION DEL COMITE LOCAL ADMINISTRATIVO DE LA RED DE MONITOREO DE AGUA

Dentro de la concepción de un sistema de monitoreo del recurso hídrico para los ríos de la ciudad de Cali es de suma importancia la vinculación de los usuarios como parte importante por diferentes razones a saber:

1. La posibilidad de dar un uso apropiado y productivo a la información suministrada por la red: al constituirse en un insumo importante para las entidades comprometidas con el recurso hídrico de la región por los diferentes objetivos que se plantean.
2. La divulgación del estado del recurso en el municipio: como información del verdadero estado ambiental de Cali y las futuras consecuencias de las acciones que causen dichos daños.
3. La oportunidad de planificar el estado futuro del agua en el municipio: al tomar decisiones de inversión y conservación de manera conjunta.
4. La participación integrada de las instituciones comprometidas con el recurso hídrico de Cali: en diferentes tópicos y con intereses variados.

Todas estas razones visualizadas por el DAGMA y que dan como resultado en desarrollo de esta consultoría, crean la necesidad de constituir un COMITÉ LOCAL ADMINISTRATIVO que integre todas las instituciones directamente comprometidas con el recurso hídrico por iniciativas de investigación, análisis o elaboración de políticas en torno al

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

agua. Es así como se identifican los siguientes grupos como los que necesariamente deben participar en este grupo:

- Agencias o entidades de carácter publico.
- Centros de investigación.
- Laboratorios.
- Instituciones ambientales de incidencia regional y nacional.

Como se menciona en el capítulo dos, las entidades que potencialmente pueden pertenecer al comité local administrativo del recurso hídrico, han sido identificadas como parte de los resultados obtenidos dentro del proyecto SIGAM que realizó el DAGMA durante el año 2000, y que dio como resultado una completa recopilación de todas las organizaciones comprometidas e interesadas en el trabajo conjunto por la protección y conservación del agua y de las cuencas hidrográficas, a excepción de los laboratorios de análisis de aguas que no fueron vinculados por ser del sector privados y por ser desarrollado el proyecto en mención con otros criterios.

Las entidades que forman parte del subsistema del recurso agua y de cuencas hidrográficas fueron presentados en el capítulo dos, en el cual se hace notoria la vinculación de aquellas instituciones que forman parte de la alcaldía municipal principalmente.

5.1. PROPUESTA PARA LA CONSTITUCION DEL COMITÉ LOCAL ADMINISTRATIVO

Una vez analizados los componentes del SIGAM y de revisar las funciones del sistema con relación al agua, se genera la propuesta de aprovechar la iniciativa de constitución de este subsistema y ampliarlo con algunas instituciones para crear el comité local administrativo. Las razones que sustentan esta iniciativa son las siguientes:

- 1) Por las experiencias conocidas para la integración de las instituciones, es una tarea ardua y poco productiva en la mayoría de los casos la convocatoria a la constitución de comités, cuando no hay claridad en el tipo de funciones que desempeñara, o cuando las funciones se confunden con las de otros comités que desempeñan funciones similares.
- 2) Actualmente el DAGMA, igual que el municipio de Cali, sufre una transformación como parte de la reforma administrativa, elemento que dificulta la constitución de nuevas organizaciones cuando no hay claridad sobre las subdirecciones o funcionarios que podrán participar en calidad de coordinadores.
- 3) Como se observo en el capítulo 4, las organizaciones que participan en la red como usuarios de la información son las mismas que potencialmente pueden participar del comité, elemento que confunde los roles de las instituciones.

Existen otras justificaciones que permiten concluir que **no es necesario crear un comité local administrativo como organismo independiente cuando se tiene constituidos los comités que**

forman parte de los subsistemas propuestos dentro del proyecto SIGAM, lo que hace necesario redefinir algunos de los alcances del comité o adicionar funciones en el caso en que las instituciones que lo constituyen estén de acuerdo. En este caso seria necesario adicionar otro grupo de integrantes del comité provenientes del sector privado como son los laboratorios, cuyas funciones, clasificaciones y expectativas se describen a continuación.

5.1.1. Función de los Laboratorios

Dentro de los laboratorios seleccionados e identificados se encuentran los que fueron contactados durante el periodo de ejecución de la consultoría a través de carta:

- **ANÁLISIS AMBIENTAL**, Dra. Marta Garcés.
- **ANÁLISIS LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO**, Dra. Marta Velásquez.
- **BIOCENTER**, Dra. Adriana Mosquera.
- **FUMINDUSTRIAL**, Ingeniero Jorge Lenis.
- **DOBER CHEMICAL LTDA**, Dra. Marta Lucía Portilla.
- **D.B.Q. INGENIERIA SANITARIA LTDA**, Dr. Jairo Cuero Sinisterra.
- **MICROQUIM**, Dra. Rosita Cajillo.
- **HIDROAMBIENTAL LTDA**. Ingeniera Claudia Ximena Cabrera.

Estos laboratorios están en condiciones de realizar análisis de agua y, por lo tanto de realizar observaciones con fundamentos científicos sobre los problemas relacionados con las concentraciones de las sustancias monitoreadas. Se considera importante su participación en el comité

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

local administrativo por los aportes al mejor conocimiento de la condiciones reales de los ríos.

5.2. CONSTITUCIÓN DEL COMITÉ TÉCNICO.

Como coordinadores y vigilantes del desempeño del comité local administrativo, así como del funcionamiento de las estaciones que conforman la red de monitoreo, las siguientes instituciones conformarán el comité técnico para Cali

- Ministerio del Medio Ambiente.
- CVC
- IDEAM

o Dagma?

Las tres entidades establecerán relaciones de intercambio con los respectivos comités técnicos constituidos en las ciudades de Medellín, Barranquilla y Bogotá, los cuales tienen funciones específicas relacionadas con:

- a) El intercambio de experiencias relacionadas con la conservación del recurso hídrico: Las cuales enriquecen el sistema nacional de información ambiental que pueda desprenderse de las actividades en cada ciudad.
- b) La homogenización de los sistemas de monitoreo del agua teniendo en cuenta los lineamientos que el IDEAM ha determinado como vigentes en Colombia al ser la entidad que selecciona y define los protocolos y metodologías para tomas de muestras.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

Este comité técnico debe constituirse formalmente en el Municipio de Cali con la firma de un convenio con las instituciones, el cual debe ser gestionado y coordinado por el DAGMA, con la delegación de funcionarios formados en el campo de la ecología, hidrología, ingeniería sanitaria o afines.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Una vez revisados los requisitos para el funcionamiento de la red de monitoreo como una herramienta útil para el conocimiento de los ríos relacionados con la calidad, se presentan las siguientes conclusiones sobre la participación de las diferentes instituciones públicas, no gubernamentales, educativas y privadas que están interesadas en el recurso hídrico:

- 1- La información generada por la red de entradas, la red de salidas y de alertas es de gran importancia para el conocimiento del comportamiento de los ríos en el Municipio de Cali.
- 2- Los datos generados a partir del funcionamiento de la red hídrica permite o facilita la integración de las instituciones relacionadas con el recurso hídrico en Cali a través de un aprovechamiento de la información más confiable que se tiene a la fecha.
- 3- El comité local administrativo debe ser creado y coordinado por el DAGMA; aprovechando la experiencia y la iniciativa de constitución del SIGAM en los subsistemas agua y cuencas hidrográficas.
- 4- Las instituciones enumeradas como usuarios potenciales de la información generada por la red deben ser consideradas a la hora de integrar el comité local administrativo.
- 5- El IDEAM como centro de investigación y coordinador de la Política Ambiental en el componente agua es una institución importante que

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

debe ser consultada para conocer de que manera deberán establecerse convenios para el intercambio de información.

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

BIBLIOGRAFIA

PROYECTO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.

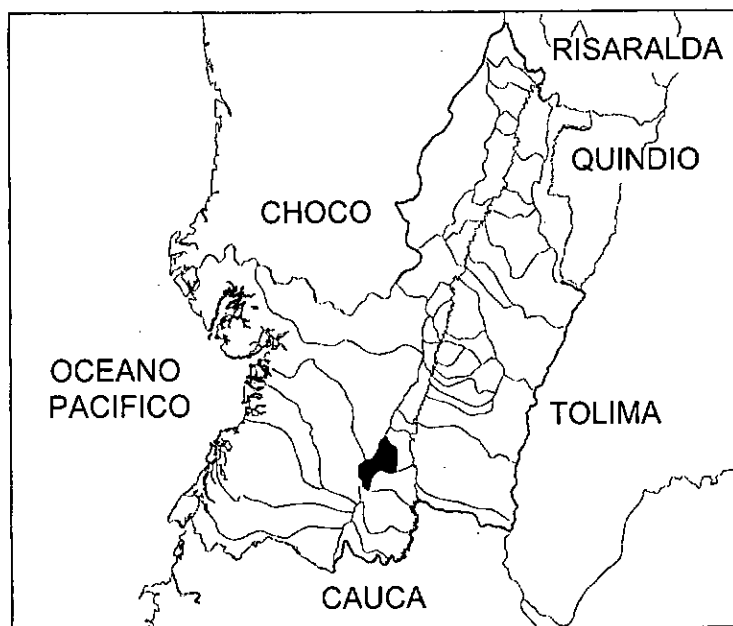
BIBLIOGRAFIA

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA. PROYECTO COORDINACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL – SIGAM. Informe final Elaborados por Ing. Adriana Aguirre y Ing. Rubiela Zuluaga. Cali. Octubre del 2.000.

IDEAM. [http: www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

62

CALIBRACIÓN DE UN MODELO LLUVIA-ESCORRENTÍA MENSUAL EN LA CUENCA DEL RÍO CALI.



INFORME FINAL

**ELABORADO POR
ING. YESID CARVAJAL
ING. JUAN GUILLERMO LOZANO
ING. CLAUDIA LUCIA GRISALES**

**SANTIAGO DE CALI
DICIEMBRE DE 2000**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	3
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	4
2.1 LOCALIZACIÓN	4
2.2 COORDENADAS	4
2.3 LIMITES	5
2.4 SUPERFICIE	5
2.5 CLIMA	5
2.5.1 PRECIPITACIÓN	5
2.5.2 TEMPERATURA	8
2.5.3 VIENTOS	8
2.5.4 HUMEDAD RELATIVA	9
2.6 ZONAS DE VIDA	9
2.7 RELIEVE	10
2.8 TOPOGRAFÍA	10
2.9 HIDROGRAFIA	11
2.10 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	11
2.11 SUELOS	12
2.12 COBERTURA VEGETAL	13
2.13 GENERACIÓN DE TORMENTAS	14

3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	16
3.1 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	16
3.2 CONCEPTOS BÁSICOS DEL CICLO HIDROLOGICO	18
3.2.1 CICLO HIDROLÓGICO	18
3.2.2 PRECIPITACIÓN	19
3.2.3 INTERCEPCIÓN	20
3.2.4 EVAPORACIÓN	20
3.2.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN	20
3.2.6 INFILTRACIÓN	21
3.2.7 ESCURRIMIENTO	21
3.2.8 BALANCE HÍDRICO	22
3.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE MODELACION HIDROLOGICA	23
3.3.1 CONCEPTO DE MODELO	23
3.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS HIDROLÓGICOS	24
3.3.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MODELOS HIDROLÓGICOS	26
3.3.4 UTILIZACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS EN HIDROLOGÍA	27
3.3.5 ETAPAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS	28
3.3.6 LIMITACIONES EN LA APLICACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS	29
3.3.7 MODELOS AGREGADOS CON REDUCIDO NÚMERO DE PARÁMETROS	29
3.3.8 CALIBRACIÓN DE PARÁMETROS EN MODELOS HIDROLÓGICOS DETERMINÍSTICOS	38
4. METODOLOGÍA	49
4.1 SELECCIÓN DEL PERIODO DE ESTUDIO	49
4.2 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROCLIMATICA	49
4.3 SELECCIÓN DE LA RED DE MEDICIÓN	49
4.3.1 ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS	49
4.3.2 ESTACIONES LIMNIMÉTRICAS.	50
4.3.3 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS.	50
4.4 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA	51
4.4.1 PRECIPITACIÓN	51
4.4.2 CAUDAL	52
4.4.3 APLICACIÓN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS.	52

4.5 CALCULO COMPONENTES DEL MODELO	53
4.5.1 PRECIPITACIÓN MEDIA	53
4.5.2 EVAPORACIÓN TOTAL	54
4.6 CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO DE SIMULACIÓN	55
<u>5. ANÁLISIS DE RESULTADOS</u>	<u>56</u>
5.1 REGIMEN PLUVIOMÉTRICO.	56
5.2 REGIMEN DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL.	56
5.3 OTRAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS	57
5.4 RÉGIMEN DE CAUDAL	57
<u>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	<u>61</u>
<u>7. CASO DE ESTUDIO DE UN MODELO LLUVIA ESCORRENTIA PARA LA PREVISION Y GESTION DE CRECIDAS DE EMBALSES. EXPERIENCIA ESPAÑOLA.</u>	<u>62</u>
7.1 MODELO PLU (PROCESADOR DE LLUVIAS)	64
7.2 MODELO CREM PARA LA PREVISIÓN Y GESTIÓN DE CRECIDAS EN EMBALSES	67
<u>8. TENDENCIAS EN LA UTILIZACIÓN DE LOS SIG PARA LA MODELIZACION HIDROLÓGICA</u>	<u>72</u>
8.1 IMPORTANCIA DE APLICAR SIG EN LA MODELACION HIDROLOGICA.	79
<u>REFERENCIAS</u>	<u>80</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>88</u>

CALIBRACIÓN DE UN MODELO LLUVIA-ESCORRENTÍA EN LA CUENCA DEL RÍO CALI

INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrográfica del río Cali forma parte de la región montañosa del municipio de Santiago de Cali, y por su estratégica ubicación, reviste gran importancia para la comunidad como fuente de abastecimiento, recreación, ornamentación, paisaje, drenaje urbano y generación de energía, además de pertenecer a la estrella fluvial más importante del Alto Cauca y al Parque Natural Nacional Los Farallones de Cali, tercero en importancia en los Andes Americanos por su alta Biodiversidad. (Ver Figura 1)

Tiene una extensión aproximada 122.9 km² hasta la Bocatoma del río; presenta una alta vulnerabilidad por la combinación de diversos factores climatológicos, fisiográficos y tectónicos, que la hacen susceptible a problemas tales como:

- Erosión
- Tala y uso indiscriminado de los recursos
- Altas e intensas precipitaciones
- Grandes Crecientes
- Cauces encañonados que facilitan represamientos
- Suelos inestables y poco profundos
- Pendientes escarpadas
- Topografía abrupta
- Zona de incidencia de fenómenos Oceano-atmosféricos
- Cauces modificados e inestables
- Deforestación e intervención antrópica indiscriminada
- Alta actividad sísmica
- Alto riesgo de Incendios Forestales

En esta cuenca es posible apreciar tres tipos de clima; desde cálido en la ciudad, hasta frío en los 4000 m de altura. Existe una estratificación térmica que decrece desde el piso cálido seco a la altura de la ciudad (1000 m.s.n.m.) pasando por el templado (1800-2400 m.s.n.m.) hasta llegar al frío (2500-4000 m.s.n.m.). La distribución de lluvias es variada; las lluvias de tipo erosivo (intensidad mayor de 10 mm/h) son muy frecuentes, constituyendo el 50 % de las lluvias.

Mediante el presente estudio, se efectuó el análisis para calibrar dos modelos de precipitación – escorrentía en las cuencas de los Ríos Cali y Pichindé, con el objeto de formarse una idea del comportamiento hidrológico de la cuenca. 

Esta herramienta se considera una parte preliminar del conocimiento del proceso Precipitación – escorrentía que permitirá posteriormente, afinar la agregación temporal a intervalos de tiempo más pequeños, es decir, a nivel diario u horario, con el objeto de acoplar el modelo a la predicción y simulación de caudal, mediante la alimentación de datos en tiempo real, que suministrará la red de alertas.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Estimar el aporte hídrico superficial de la cuenca del río Cali y Pichindé, con miras al planteamiento de un esquema de regulación de su caudal medio, brindando una base para la toma de decisiones en cuanto al manejo del recurso hídrico y el manejo integral de la cuenca. *→ of*

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar la consistencia de la información pluviométrica disponible en el área de estudio.
- Completar los datos faltantes de las series de precipitación seleccionadas.
- Estimar la precipitación media areal sobre la cuenca de los ríos Cali y Pichindé hasta la estación de aforos (C.V.C.), aplicando el método de Thiessen Modificado con isoyetas
- Calibrar los parámetros de los modelos de precipitación – caudal de Témez y ABCD en la cuenca de los ríos Cali y Pichindé.
- Validar los modelos calibrados para la cuenca de los ríos Cali y Pichindé. *of*

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 LOCALIZACIÓN

La cuenca del río Cali, se encuentra localizada en Colombia, departamento del Valle del Cauca, municipio de Santiago de Cali, en el sector montañoso del municipio, en la Cordillera Occidental, sobre su flanco oriental. (Ver Figura 1, Plano 1).

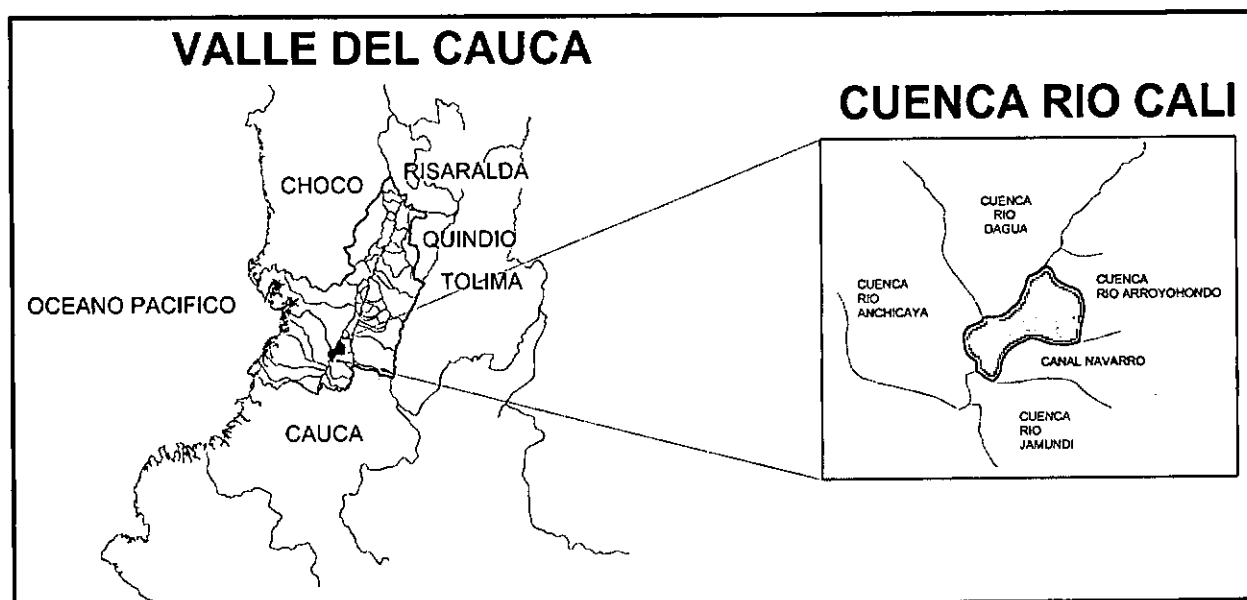


Figura 1. Localización de la cuenca del Río Cali

2.2 COORDENADAS

La cuenca se encuentra comprendida entre las siguientes coordenadas.

Latitud Norte: 3°20' y 3°30'

Longitud Este (Meridiano de Greenwich): 76°34' y 76°46'

2.3 LIMITES

Al norte la ^Ucuenta del Río Aguacatal y la vertiente del Pacífico, al sur las cuencas de los ríos Pance y Meléndez, al oriente la cuenca del río Cañaveralejo y la Ciudad de Cali hasta la bocatoma del acueducto de San Antonio. ⇒

2.4 SUPERFICIE

Los límites descritos encierran una superficie total de 122.9 Km² con punto de cierre en la bocatoma del Río Cali.

2.5 CLIMA

El clima de la zona corresponde al clima cálido con régimen tropical o ecuatorial de montaña caracterizado por pequeñas variaciones de temperatura media y presencia de dos períodos de lluvia y dos de estiaje (régimen bimodal).

El régimen bimodal es el resultado de la actividad de la Zona de convergencia Intertropical; esta se localiza en el sur durante los meses de Enero y Febrero, concluyendo su recorrido a mediados del año. Durante el mes de Septiembre inicia su desplazamiento hacia el sur, el cual termina en el mes de Enero.

2.5.1 Precipitación

El clima regional esta controlado por la posición ecuatorial y la forma y disposición de las cordilleras. El paso sobre la región, dos veces al año, de la Zona de Convergencia Intertropical, se traduce en dos períodos lluviosos entre marzo y mayo y entre septiembre y noviembre. Adicionalmente, la disposición de una enorme masa de aguas cálidas frente al Litoral Pacífico y fenómenos de carácter más global como El ENOS (un cambio cuasiperiódico en el nivel medio de temperatura del Océano Pacífico), en combinación con otros factores climáticos, hacen que las condiciones de pluviosidad varíen drásticamente en algunos años. Tal es el caso de los años 1982-1983 y 1991-

1992, durante los cuales hubo déficit de precipitación en la región andina, lo que condujo a severos racionamientos de energía y parcialmente, del servicio de agua potable.

En la cuenca del río Cali, las curvas isoyetas tienden a seguir el contorno de la montañas, con alteraciones locales debido a la confluencia de cuencas de ríos tributarios al Cauca y a la altura y disposición de las montañas. Tal es el caso de los Farallones, sobre los cuales los promedios anuales llegan a ser de 4.000 mm. (Ver figura 2).

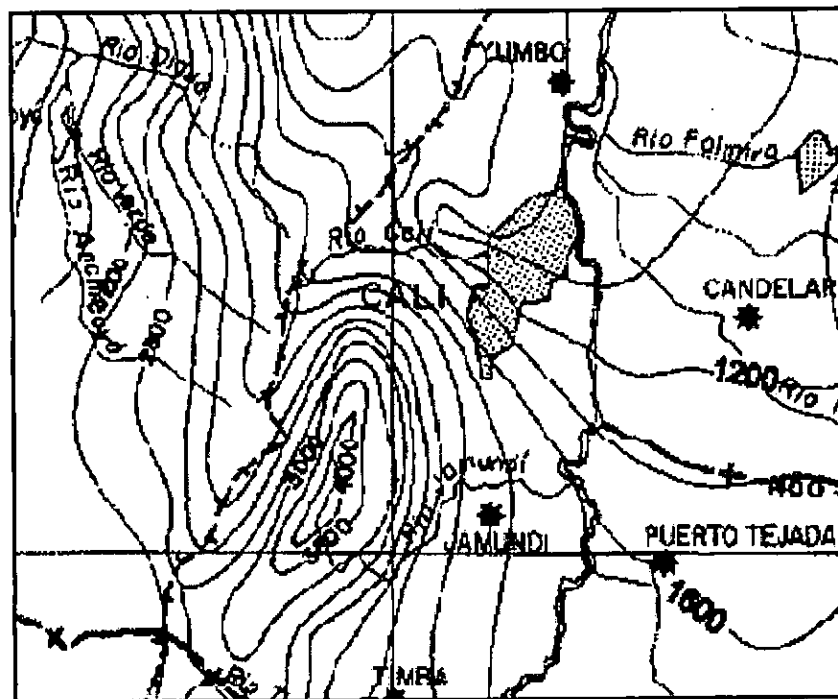


Figura 2. Isoyetas medias multianuales de la zona de estudio.

La precipitación media, escurrimiento y evapotranspiración potencial de las cuencas del Río Pinchindé y Cali se muestran en las figuras 3 y 4.

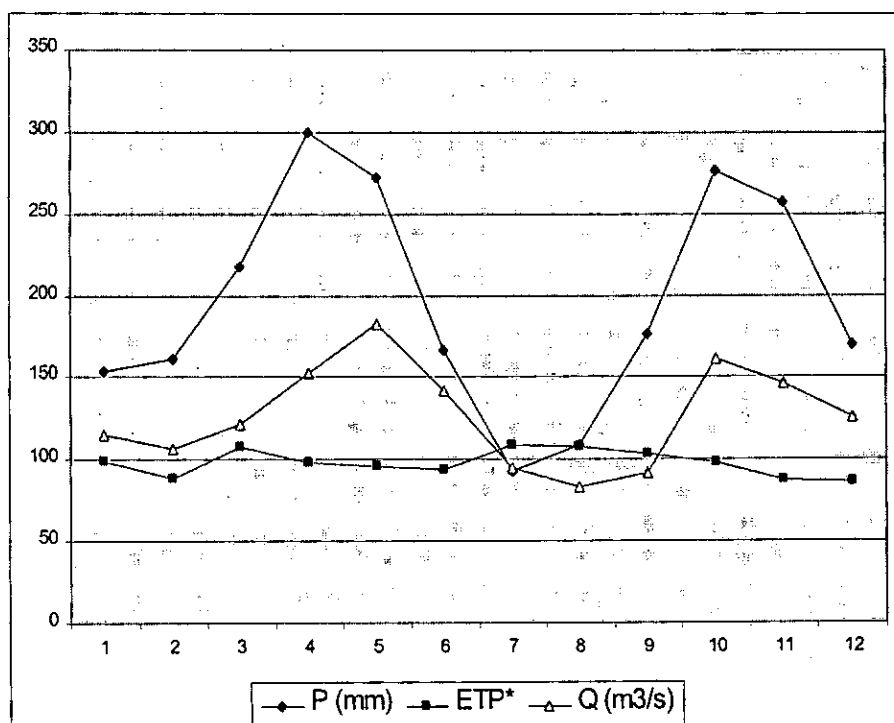


Figura 3. Precipitación , escurrimiento y EVT de la cuenca del río Pinchindé

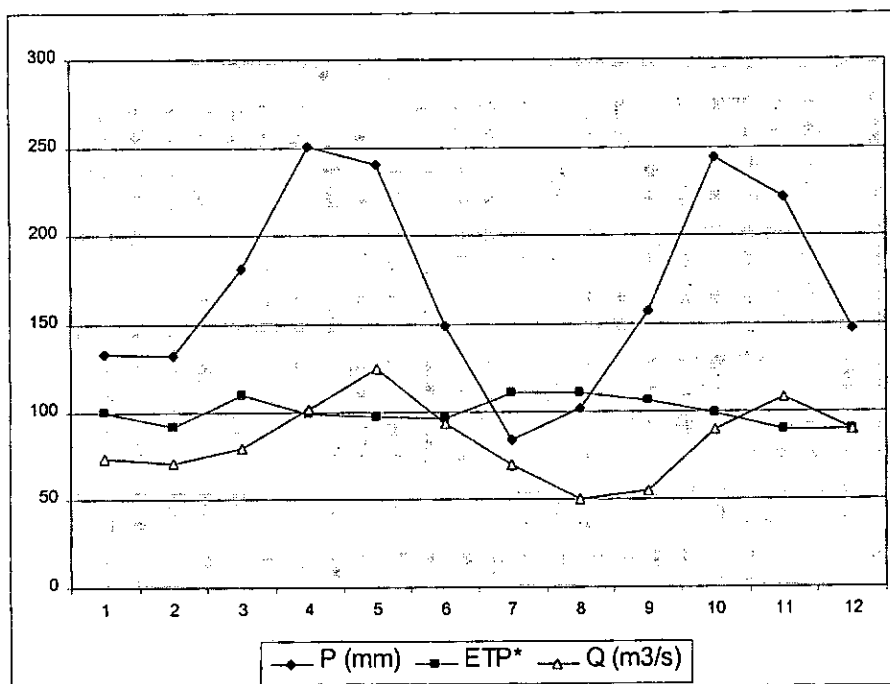


Figura 4. Precipitación , escurrimiento y EVT de la cuenca del río Cali

2.5.2 Temperatura

Varía con la altura sobre el nivel del mar y esta influenciada por los vientos que se dirigen del valle hacia la cordillera, y viceversa. Se puede decir que la cuenca posee temperaturas promedias anuales entre los 24°C en su costado oriental y 8°C en los farallones de Cali, caracterizándose por pequeñas fluctuaciones a lo largo del año.

2.5.3 Vientos

La cuenca del Río Cali se encuentra localizada en la zona ecuatorial, donde convergen las circulaciones atmosféricas de ambos hemisferios, que conducen a las corrientes predominantes de los alisios del NE y de los alisios del SE a distorsionarse, debido a la fuerza de coriolis. Sumando a esta condición la cercanía del Océano Pacífico, se presentan los característicos vientos locales del valle y de la montaña: la brisa del valle es un viento que asciende por las montañas durante el día; la brisa de la montaña, circula en sentido inverso ocasionando temperaturas bajas en el valle, durante la madrugada. En las capas atmosféricas inmediatamente por encima de las montañas hay evidencia de que los vientos vienen del este o suroeste durante la mayoría de los meses.

Los vientos que del océano Pacífico soplan hacia el continente, con cálidos con alto contenido de humedad; las masas de aire húmedo empujan fuerte hacia las montañas y en su viaje de ascenso, precipitan sobre la costa Pacífica parte de su humedad, al llegar a la cima de la cordillera han perdido calor y humedad y en forma de vientos fríos descienden sobre la parte plana de la cuenca.

En la zona de estudio se dan dos clases de corrientes adiabáticas:

La primera y más importante es la que se dirige de la parte alta de la cordillera hacia el valle geográfico y se da generalmente entre las 3 y las 6 de la tarde; tiene una dirección W - E y alcanza velocidades de 3 a 4 m/s.

La segunda corriente, de menor importancia, es la que en las horas de la mañana se dirige desde el valle hacia la cordillera teniendo un sentido inverso a la anterior y presenta menor intensidad y velocidad.

En la temporada seca entre julio y agosto se dan vientos fuertes que arrastran las nubes y permiten que una alta radiación llegue a la superficie.

2.5.4 Humedad relativa

La humedad relativa promedio durante el día es regular y típica del clima tropical y se hace mínima en las horas del mediodía. Presenta sus valores máximos en las dos temporadas invernales y los mínimos como es de esperarse en las épocas secas.

Sus valores oscilan entre 70% a 78%, tomando un promedio conservativo del 75%.

2.6 ZONAS DE VIDA

Las Zonas de Vida son una expresión de las condiciones climáticas en función de la precipitación promedio anual, la evapotranspiración potencial y la altura sobre el nivel del mar. Los límites de las Zonas de Vida deben tomarse como indicativos ya que evaluaciones más detalladas sobre la distribución de los factores climáticos y de las asociaciones vegetales, podrán identificar microzonas - como de hecho existen aún en las zonas más secas - a manera de relictos de bosques.

Las zonas de vida para encontradas en la cuenca del río Cali se describen a continuación, según la clasificación de Holdridge:

Bosque seco tropical (Bs-T): localizado en el costado oriental de la cuenca, en el valle formado por el río Cali hasta una altura de 1100 msnm con temperatura promedio de 24 °C y precipitación promedio anual de 1300 mm. La vegetación propia de esta zona, se encuentra situada en un valle estrecho del río, y se haya fuertemente intervenida por el hombre, principalmente por sus actividades recreativas.

Bosque húmedo sub-tropical (BH-ST): comprende desde los 1300 hasta 1650 msnm, aproximadamente, con temperatura promedio de 19 °C y precipitación promedio anual de 1600 mm. Esta área se encuentra en avanzado estado de erosión debido a las quemas, predominando pastizales y rastrojos en las pequeñas manchas boscosas, a orillas de los ríos y en los quiebres de montaña.

Bosque muy húmedo sub-tropical (Bm-ST): ubicado entre los 1650 y los 2000 msnm, con temperatura promedio de 18 °C y precipitación promedio anual de 1900 mm. La vegetación en su mayoría corresponde a cultivos de pancoger y pastos; los bosques se ubican en las orillas de las quebradas, el río y pliegues de la cordillera, e incluye la zona de La Leonera y Felidia.

Bosque muy húmedo montano bajo (Bmh-MB): se ubica entre los 2400 y 3000 msnm, con temperatura promedio de 15 °C y precipitación promedio anual de 2500 mm. La zona comprende bosques primarios altamente intervenidos y bosques secundarios.

2.7 RELIEVE

La cuenca del río Cali se extiende desde una altura de 1080 msnm, en su extremo oriental (punto de cierre), hasta alturas superiores a los 3850 msnm en la región de los Farallones de Cali, en su costado occidental.

2.8 TOPOGRAFÍA

Se presentan variaciones desde plana o casi plana, en un área reducida, hasta escarpada, ocurriendo estos cambios en forma drástica.

2.9 HIDROGRAFIA

La cuenca está conformada por tres subcuencas: los ríos Felidia y Pichindé (cuya confluencia forma el río Cali) y la quebrada El Cabuyal. Estas subcuencas están compuestas por un cauce principal y un gran número de afluentes, tanto permanentes como temporales. Ver Plano 2.

2.10 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Las características más importantes de cada uno de los grupos que constituyen el área de la cuenca son:

Grupo Dolerítico con intercalaciones sedimentarias, (Ks - Ds). A este grupo corresponde en su gran mayoría el área de la cuenca. Denominado también grupo Diabásico, tiene la particularidad de poseer muchos puntos de busamiento en todas las direcciones. Se entiende por grupo Dolerítico las rocas compuestas por labradorita, angita y óxidos de hierro, siendo ofítica la textura característica.

Sedimentos aluviales. En el costado oriental, en las márgenes del río Cali, se encuentra una franja estrecha de sedimentos aluviales, que son sedimentos transportados y depositados por el río; están compuestos por arenas, gravas y conglomerados dispuestos en forma de pequeñas terrazas.

Grupo Tonalítico. En el costado occidental del área existe un sector de rocas intrusivas que corresponde al grupo Tonalítico indiferenciado.

La cuenca del río Cali presenta tres paisajes:

Parte alta. Constituida por rocas ígneas diabásicas, parcialmente cubiertas de cenizas volcánicas. Estas rocas son duras y poco alteradas, garantizando una buena estabilidad de los suelos. Su morfología es abrupta. La intemperización mecánica actuó

directamente sobre la roca por los bruscos cambios de temperatura, causando un relieve desigual, no obstante la homogeneidad de la roca.

Parte media. Se encuentra la misma formación rocosa pero con intercalaciones de rocas sedimentarias; las condiciones microclimáticas tienen una marcada influencia en la conformación de las rocas erosionables. No se presentan deslizamientos en masa de gran extensión y se observan desgarres pequeños de suelo.

Parte baja. Predominan las rocas diabásicas con intrusiones de rocas sedimentarias, principalmente areniscas y limolitas. Las formas son más suaves, con ocasionales pendientes fuertes derivadas de los sistemas de fallamientos y fracturas. La vegetación es pobre, constituida principalmente por pastos y arbustos, debido al efecto antrópico y al poco suelo. La mayor parte de la erosión es inducida por el hombre.

Debido a la fuerte compresión a que fueron sometidas las rocas (fenómeno de subducción entre las placas oceánica y continental), la cuenca presenta una gran cantidad de fallas geológicas y pliegues de la cordillera Occidental, que han fracturado el material parental e inducen inestabilidad en los suelos. Estas fallas, con dirección S-N, son, entre otras, las siguientes: Cali, Pance, Cascarillal, Pichindé y Pichindecito.

En el plano 5 se muestra la clasificación de pendientes de la zona correspondiente a las cuencas de los ríos Cali y Pichindé.

2.11 SUELOS

Han sido agrupados en tres asociaciones, cuyas principales características se describen a continuación:

Asociación Anguchas, Pichindé, Socorro (AN): los suelos de esta asociación predominan en la cuenca, ocupando aproximadamente el 60% del área total (7400 Ha). Presenta relieve fuertemente inclinado a fuertemente quebrado, con pendientes entre el 15 y 50%. El material parental de estos suelos se deriva de rocas ígneas, básicas,

no diferenciadas (basaltos y diabasas), con manto arcilloso. Pueden presentar inclusiones de rocas en el perfil, especialmente de aquellas de posición coluvial. En general, presentan erosión ligera a moderada y son suelos de fertilidad baja a moderada.

Asociación Palermo, Margarita, Pichindé (PM): Ocupa pequeñas áreas a lo largo de los ríos Pichindé, Pichindecito, en ambos márgenes y en áreas de baja pendiente, rodeadas de montaña. Presenta relieve fuertemente ondulado a inclinado, con pendientes entre el 12 y 50%. El material parental es derivado de rocas ígneas o sedimentarias (areniscas), o mezclas de las dos. La erosión es ligera a fuerte y, en su mayoría, han perdido el horizonte superficial o están en proceso de formación. En general, la fertilidad es baja a moderada.

Tierras misceláneas (MR): Estos suelos se encuentran como una unidad bien definida en el costado nor-oriental de la cuenca, sujeta a quemas periódicas durante el verano y cubierta por pajonales; otras áreas presentan afloramientos rocosos. El relieve es generalmente escarpado, con pendientes dominantes superiores al 50%. El material parental se deriva de rocas ígneas básicas (diabasas) y areniscas, pudiendo encontrarse rocas metamórficas no diferenciadas. Se presentan grados de erosión desde ligera hasta severa y la fertilidad es moderada.

Los diferentes grados de erosión se muestran en el plano 4.

2.12 COBERTURA VEGETAL

Los tipos de vegetación presentes en la cuenca se resumen a continuación en la tabla 1.

En el plano 6 se muestra el Uso Actual y la Cobertura Vegetal de la zona correspondiente a las cuencas de los ríos Cali y Pichindé.

Tabla 1. Tipos de Vegetación presente en la cuenca del río Cali.

USO DEL SUELO	ÁREA (Km ²)			PORCENTAJE (%)		
	PICHINDÉ	CALI	TOTAL	PICHINDÉ	CALI	TOTAL
Bosque natural	40,09	55,54	95,63	81,48	75,36	77,81
Bosque plantado	0,31	0,25	0,56	0,63	0,34	0,46
Vegetación de páramo	1,50	0,00	1,50	3,05	0,00	1,22
Rastrojo bajo	0,00	2,39	2,39	0,00	3,24	1,94
Rastrojo alto	0,12	1,11	1,23	0,24	1,51	1,00
Café	2,48	3,31	5,79	5,04	4,49	4,71
Pasto natural	3,05	7,91	10,96	6,20	10,73	8,92
Pasto natural enmalezado	0,55	0,00	0,55	1,12	0,00	0,45
Pajonales	0,00	1,99	1,99	0,00	2,70	1,62
Hortalizas	1,10	1,20	2,30	2,24	1,63	1,87
TOTAL	49,20	73,70	122,90	100,00	100,00	100,00

2.13 GENERACIÓN DE TORMENTAS

El 85% de las tormentas eléctricas, sobre la Cordillera Occidental provienen del SW (los Farallones de Cali). Las tormentas pueden estar acompañadas de lluvias torrenciales y vendavales, como aquellas ocurridas en julio de 1984 y de 1986 y en octubre de 1989, causando severos impactos en áreas rurales y urbanas. Las lluvias asociadas, según registros de estaciones operadas por la CVC, produjeron máximos de precipitación superiores a 100 mm, como consecuencia de las cuales hubo inundaciones y deslizamientos en las cuencas de los ríos Cali y Aguacatal.

Este tipo de fenómenos afecta de diversas maneras a la ciudad: apagones por sobrevoltajes en las redes de energía, daños en equipamiento urbano, industrial y doméstico, interrupciones en operaciones aéreas y de telecomunicaciones, inundaciones, avenidas torrenciales y deslizamientos inducidos, ocasionales víctimas por descargas de eléctricas.

Debido a que no se dispone de estadísticas conocidas ni de sistemas de monitoreo de los niveles ceráunicos (descargas eléctricas atmosféricas) locales y regionales, estos temas deben ser incorporados o reforzados en las agendas de investigación

institucionales de entidades como EPSA, la CVC, la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad del Valle y el sector productivo, especialmente la industria de protecciones contra descargas atmosféricas.

3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

3.1 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Carvajal (1995), presentó el "Estudio Probabilístico de Precipitación y Caudal en la cuenca del Río Cali" con el propósito de disponer de una herramienta técnica que permitiera conocer la probabilidad de ocurrencia de precipitación y caudal en la cuenca.

Montoya (1995), realizó la "Sistematización y actualización del balance de producción hídrica de la cuenca hidrográfica del río Cali", en este estudio se analizó la dinámica del comportamiento espacial y temporal de la producción hídrica de la cuenca, considerando el uso dado a sus recursos naturales por parte de los asentamientos humanos presentes en la zona.

Wigmosta y Burges (1990) propusieron un modelo para evaluar el cambio hidrológico urbano de una cuenca no instrumentada de 39 Ha de extensión en King County, estado de Washington (USA). Simularon los procesos de intercepción, evapotranspiración, infiltración y almacenamiento superficial; como también la dinámica del flujo en las zonas saturada y no saturada del suelo. Aspectos como el almacenamiento hídrico en la vegetación y las capas del suelo pudieron modificarse ante un cambio potencial en el uso del suelo.

Tirmarsh, Cordery y Pilgrim (1995) calibraron, para varios períodos de retorno, dos de los modelos de estimación de crecientes más difundidos: el método racional y el método propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos. Esta calibración se hizo para los parámetros más relevantes de ambos métodos: el coeficiente de escorrentía C (método racional) y el número de curva CN (SCS); y se efectuó en 105 pequeñas cuencas agrícolas del sudeste de Queensland (Australia). Algunos resultados encontrados fueron los siguientes:

- Para cualquier período de retorno, los parámetros derivados mostraron una amplia dispersión, pero al representarlos en planos, se observó una variación espacial gradual y consistente.
- La única característica de las cuencas que mostró gran influencia sobre los valores de los parámetros C y CN fue la proporción de área cultivada, hallándose una relación directa entre ellos. Así mismo, el tipo de explotación del suelo introdujo grandes diferencias entre los valores derivados de C y CN, para períodos de retorno inferiores a 2 años.
- Por otro lado, no fue clara la influencia del tipo de suelo sobre los valores derivados de C y CN, como tampoco el tamaño de la cuenca, hasta un área máxima de 250 Km², en contraste con los límites bastante inferiores que se asumen frecuentemente en las aplicaciones convencionales.
- Se encontró una relación muy pobre entre los valores derivados de CN y los valores recomendados por la bibliografía.

Fontaine (1995) evaluó la exactitud de dos modelos lluvia-escorrentía (uno simple y otro más elaborado) en la simulación de la creciente de Julio 1 de 1978 (período de retorno de 100 años) para la cuenca del río Kickapoo (690 Km²), sudoeste del estado de Winsconsin (USA). El modelo más estructurado resultó más exacto, aunque sobrestimó el caudal pico entre un 40 y un 79%, y el volumen de escorrentía entre un 12 y un 29%; así mismo, la aplicación de este modelo exigió esfuerzos mucho mayores que el modelo más simplificado.

Como primer fuente de error se encontró la dudosa calidad de la información pluviométrica utilizada en la calibración. Adicionalmente, algunas decisiones subjetivas tomadas por el usuario son posibles causas de incertidumbre en los resultados, pero no existe evidencia que confirme o descarte esta hipótesis.

Greene y Cruise (1995) propusieron la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (GIS) en la modelación de cuencas urbanas, tomando como caso de estudio una cuenca en Baton Rouge, estado de Lousiana (USA). Con el Sistema de Información Geográfica utilizado se simuló el relieve de la cuenca, lo cual permitió

identificar las unidades de respuesta hidrológica (HRUs), cuyos límites y dimensiones pudieron determinarse gracias al sistema de coordenadas geográficas utilizado. Así mismo, se analizó el efecto de la rugosidad en el flujo, encontrando que una variación de 0.01 a 0.100 podría incrementar el caudal pico hasta en un 92.3%, lo cual indicó que el estado de conservación, o deterioro, de la cuenca podría aumentar o disminuir el riesgo de inundaciones en áreas pobladas.

García J., Estrela T, Andreu J. (1998), presentan un Sistema Integrado de Modelización Precipitación-Aportación (SIMPA) que forma parte del Sistema de Información Hidrológica del Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) de] CEDEX y cuyo objeto es la gestión, análisis y simulación de variables hidrometeorológicas a distintas escalas espacio-temporales.

Xu y Vandewiele (1995) aplicaron cuatro tipos de modelos lluvia-escorrentía físicamente basados en 91 cuencas húmedas, tanto pequeñas como medianas (85 cuencas en Bélgica y 6 en el sur de la China), las cuales abarcaban una amplia gama de condiciones climáticas. La diferencia entre los cuatro tipos de modelos era, básicamente, los requerimientos de información, a saber: precipitación y evapotranspiración potencial; precipitación, temperatura y humedad; precipitación y temperatura; y sólo precipitación. La calibración de los modelos se hizo por optimización automática sin ningún elemento subjetivo. A pesar de las grandes diferencias en la información suministrada a los cuatro tipos de modelos, todos reprodujeron satisfactoriamente la magnitud y el comportamiento temporal del escurrimiento mensual y estacional, al igual que los cambios en las condiciones de humedad del suelo

3.2 CONCEPTOS BÁSICOS DEL CICLO HIDROLOGICO

3.2.1 Ciclo hidrológico

Es la sucesión periódica de etapas por las que pasa el agua, tanto en la superficie terrestre como en la atmósfera. Empieza con la evaporación de los cuerpos de agua, le

siguen la condensación, proceso por el cual se forman las nubes, la precipitación y por último la acumulación en la tierra o en cuerpos de agua

Los diversos procesos del ciclo hidrológico ocurren en forma continua: el agua se evapora desde los océanos y la superficie terrestre para volverse parte de la atmósfera; el vapor de agua se transporta y se eleva en la atmósfera hasta que se condensa y precipita sobre la superficie terrestre y los océanos; el agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, convertirse en flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse en él, correr a través del suelo como flujo subsuperficial y descargar en los ríos como escorrentía superficial. La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía superficial regresa a la atmósfera mediante la evaporación. El agua infiltrada puede percolar profundamente para recargar el agua subterránea de donde emerge en manantiales o se desliza hacia ríos para formar la escorrentía superficial, y finalmente fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo hidrológico continúa.

3.2.2 Precipitación

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Los tres mecanismos principales para la elevación de masas de aire son la elevación frontal, donde el aire caliente es elevado sobre aire frío por un pasaje frontal; la elevación orográfica, mediante la cual una masa de aire se eleva para pasar por encima de una cadena montañosa; y la elevación convectiva, donde el aire se eleva hacia arriba por una acción convectiva.

A medida que el aire sube y se enfría, el agua se condensa de un estado de vapor a líquido. Si la temperatura es inferior al punto de congelación, se forman cristales de hielo. La condensación requiere de una "semilla" llamada núcleo de condensación alrededor del cual las moléculas de agua se pueden unir o nuclear. Partículas de polvo que flotan en el aire, así como partículas de sal que se forman a partir la evaporación

de espuma marina, y compuestos de sulfuro y nitrógeno resultantes de procesos de combustión pueden actuar como núcleos de condensación.

Las pequeñas gotas de agua crecen mediante la condensación e impacto con las más cercanas a medida que se mueven por la turbulencia del aire, hasta que son lo suficientemente grandes para que la fuerza de gravedad sobrepase la fuerza de fricción y empiezan a caer, incrementando su tamaño cuando golpean otras gotas en su descenso. Sin embargo, a medida que la gota cae, el agua se evapora de su superficie y su tamaño disminuye, de tal manera que puede reducirse nuevamente al tamaño de un núcleo y desplazarse hacia arriba en la nube debido a la turbulencia.

Los cristales de hielo normalmente forman racimos mediante colisión y fusión y caen como copos de nieve. Sin embargo, algunos cristales de hielo pueden crecer tanto, que caen directamente a la tierra como granizo o nevisca.

3.2.3 Intercepción

La cubierta forestal sobre un terreno constituye la primera barrera a la precipitación. La vegetación redistribuye la lluvia de tres maneras: una parte del agua queda en el follaje, de donde se evapora; otra, cae directamente a través de las copas, escurriendo por las hojas; y la tercera, desciende por las ramas del tronco.

3.2.4 Evaporación

Dos factores principales influyen en la evaporación desde una superficie abierta de agua: el suministro de energía para proveer el calor latente de vaporización, y la habilidad para transportar el vapor fuera de la superficie de evaporación. La radiación solar es la principal fuente de energía calórica. La habilidad de transporte del vapor depende de la velocidad del viento sobre la superficie de evaporación y del gradiente de humedad específica en el aire por encima de ella.

3.2.5 Evapotranspiración

Es la combinación de la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación. La evaporación desde la superficie terrestre comprende la evaporación

directa desde la superficie del suelo y desde la superficie de la vegetación, y la transpiración a través de las hojas de las plantas, mediante la cual el agua es extraída por las raíces de éstas, transportada a lo largo de sus tallos y difundida a la atmósfera a través de pequeñas aberturas en las hojas, llamadas estomas. La evapotranspiración es influida por los factores descritos para la evaporación desde una superficie abierta de agua, y también por un tercer factor, el suministro de humedad hacia la superficie de evaporación. La evapotranspiración potencial es la que puede ocurrir desde una superficie bien cubierta de vegetación cuando el suministro de humedad es ilimitado, y se calcula de una forma similar a la evaporación sobre una superficie abierta de agua. La evapotranspiración real cae por debajo de su nivel potencial a medida que el suelo se seca.

3.2.6 Infiltración

Es el mecanismo por medio del cual el agua penetra en los horizontes de la superficie del suelo y se mueve hacia el manto freático. Los factores más importantes que afectan la tasa de infiltración son la condición de la superficie del suelo y su cubierta vegetal, las propiedades del suelo, tales como porosidad y conductividad hidráulica, el contenido de humedad presente en el suelo y las características del agua, tales como temperatura y viscosidad. Los suelos presentan una gran variabilidad espacial en la tasa de infiltración, aún dentro de pequeñas áreas.

3.2.7 Escurrimiento

Comprende la parte de la precipitación drenada por las corrientes de las cuencas hasta su salida. El agua que fluye por las corrientes proveniente de diversas fuentes y con base en ellas, se considera el escurrimiento como superficial, subsuperficial y subterráneo. El escurrimiento superficial es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que ocurre sobre la superficie del suelo y la red de drenaje, hasta salir de la cuenca. El escurrimiento subsuperficial se debe a la precipitación infiltrada en la superficie del suelo, que se mueve lateralmente sobre el horizonte superior del mismo. El escurrimiento subterráneo proviene del agua subterránea, la cual se recarga

mediante la parte de la precipitación que se infiltra a través del suelo, una vez éste se ha saturado.

3.2.8 Balance hídrico

El estudio del balance hídrico se basa en la aplicación del principio de conservación de la masa, también conocido como ecuación de continuidad. Este establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier periodo de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada.

La ecuación del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca natural (tal como la cuenca de un río) o cualquier masa de agua, indica los valores relativos de entrada y salida de flujo y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua. En general, las entradas del balance hídrico comprenden la precipitación, en forma de lluvia o nieve, realmente recibida en la superficie del suelo, y las aguas superficiales y subterráneas recibidas dentro de la cuenca o masa de agua. Las salidas de la ecuación incluyen la evapotranspiración desde el sistema y la salida de agua superficial y subterránea desde la cuenca o masa de agua considerada. Cuando las entradas superan a las salidas, el volumen de agua almacenada aumenta; y cuando ocurre lo contrario, disminuye.

En grandes cuencas de ríos el intercambio de aguas subterráneas con cuencas vecinas se supone igual a cero y, por tanto, se desprecia. Así mismo, en la cuenca de un río con una divisoria de aguas bien definida, las aportaciones superficiales son prácticamente despreciables (suponiendo que no haya trasvases artificiales desde otras cuencas). Por esto, la ecuación del balance para la cuenca de un río se expresa así:

$$P - EVT - Q - \sigma A - \phi = 0 \quad (1)$$

Donde:

- P : precipitación
 EVT : evapotranspiración
 Q : escurrimiento
 σA : cambio en el almacenamiento
 ϕ : término residual o de diferencia

En la determinación del balance hídrico para un ciclo anual se puede despreciar la variación del volumen de agua almacenada en la cuenca, que es difícil de medir o calcular. Para un largo periodo, los incrementos del agua almacenada, positivos o negativos, a escala anual, tienden a equilibrarse y su valor neto al final puede considerarse igual a cero.

Para cerrar la ecuación del balance hídrico es esencial medir o calcular todos los elementos del balance, usando métodos independientes. Estas medidas y determinaciones siempre implican errores, debido a las limitaciones tecnológicas. Esta ecuación, por lo tanto, generalmente no establece un balance exacto, aunque todos sus componentes se midan y calculen por métodos independientes. La inexactitud viene representada en la ecuación por un término residual que incluye los errores en la determinación de los componentes considerados y los valores de los componentes que no se han tenido en cuenta en la ecuación utilizada. Un bajo valor de este término indica un ajuste aceptable de la mayoría de los componentes del balance.

Como el establecimiento de la ecuación del balance hídrico comienza, generalmente, con el cálculo de la precipitación media sobre la cuenca, los otros componentes también se expresan como lámina de agua.

3.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE MODELACION HIDROLOGICA

3.3.1 Concepto de modelo

Un modelo es una representación simplificada de la realidad que puede ser manipulado para mejorar la visión de esta.

El objeto de un modelo es el análisis de un sistema complejo y real a menor costo y menor escala.

En la construcción de cualquier modelo es siempre preciso hacer hipótesis que simplifican la realidad. Estas hipótesis serán función de la finalidad del modelo y estarán generalmente muy relacionadas con los márgenes de error tolerados en los resultados. Para ello es preciso un conocimiento profundo de la realidad, lo que en la práctica desecha la figura del modelador de cualquier fenómeno.

Los modelos utilizados en Hidrología son aquellos que representan el funcionamiento de sistemas hidrológicos complejos.

3.3.2. Clasificación de los modelos matemáticos hidrológicos

Los modelos matemáticos pueden dividirse en 2 grandes grupos:

- **Determinísticos.** Las variables vienen determinadas por leyes físicas consideradas como exactas y que explican toda la variabilidad del fenómeno.
- **Estocásticos.** Las variables son regidas en todo o en parte por las leyes del azar, y por tanto vienen caracterizadas en términos de probabilidad.

El por qué de esta división se explica fácilmente si se comprende que hay un proceso básico aleatorio que es la precipitación y un proceso básico determinístico que es el ciclo hidrológico. La elección de un tipo de modelo u otro será función de la cercanía del problema en cuestión a la precipitación. Es por ello que modelos de hidráulica urbana, de calidad de las aguas o de flujo subterráneo son básicamente determinísticos mientras que aquellos que generan series de caudales o predicen hidrogramas de crecida a partir de la precipitación son en muchos casos estocásticos.

La utilización de modelos determinísticos cuando las variables que intervienen en el proceso están regidas por leyes de probabilidad se basa en la hipótesis de trabajar

únicamente con una ecuación que representa los valores más probables de las variables y parámetros. Esta ecuación, en el caso concreto de los sistemas lineales, podría dividirse en las dos ecuaciones siguientes:

$$F_1(Y_t, X_t; Y_{t-1}, X_{t-1}; \dots \varphi_1, \dots \varphi_n) + \varepsilon_t = 0 \quad (2)$$

$$F_2(\text{Cov } y, \text{Cov } x, \text{Cov } \varphi, \text{Cov } \varepsilon) = 0 \quad (3)$$

donde la ecuación (2) representa los valores más probables de las variables y parámetros y la ecuación (3) representa las matrices de covarianza de variables, parámetros y del término de error del modelo planteado. La resolución conjunta de ambas ecuaciones permitirá obtener no solo una estima de variables y parámetros, sino la incertidumbre asociada.

El que no se considere en muchos modelos la ecuación (3) es debido a los siguientes motivos:

- Las variables están poco sujetas a leyes de probabilidad
- La finalidad del modelo no lo exige
- El sistema es excesivamente complejo

Las expresiones utilizadas en los modelos estocásticos clásicos, como los AR, ARMA, ARMAX, etc., suelen ser lo suficientemente sencillas para que se pueda resolver esa ecuación. Dada su simplicidad son generalmente lineales con pocos términos.

Los modelos determinísticos admiten diferentes clasificaciones. Las más utilizadas son las siguientes:

- Teóricos, conceptuales y empíricos. En los primeros se plantean las ecuaciones diferenciales que rigen los procesos físicos que actúan sobre el sistema, los segundos utilizan formulaciones conceptuales que representan

estos procesos físicos y los últimos plantean relaciones empíricas que generalmente no son válidas fuera del ámbito de la zona de experimentación.

- Lineales y no lineales. La existencia de linealidad se entiende generalmente en el sentido de la teoría de sistemas, en donde se considera que un modelo es lineal si se cumplen los principios de superposición y proporcionalidad. Por ejemplo, los modelos lluvia - escorrentía suelen ser altamente no lineales debido a la intervención del suelo.
- Agregados o distribuidos. Los primeros no consideran la distribución espacial de las variables y parámetros, mientras que los segundos, que generalmente siempre la consideran en las variables, pueden ser de parámetros distribuidos o agregados, según la consideren o no en los parámetros.

3.3.3 Características generales de los modelos hidrológicos

Existen diversos modelos que permiten, desde diferentes metodologías, evaluar los recursos hídricos de una cuenca, y en particular, los caudales que en régimen natural circulan por cualquier punto del territorio. A grandes rasgos podría decirse que existen dos grandes tipos de aproximaciones a este problema, a saber, la de los modelos de base física, también llamados numéricos, y que se basan en la integración, con diferente grado de aproximación, de las ecuaciones diferenciales del flujo hidrológico. Y los modelos de tipo agregado-conceptual, que consideran los valores medios de las variables sobre la cuenca y que simplifican los procesos hidrológicos asimilándolos a una serie de ecuaciones sencillas de transferencia y de balance hídrico entre almacenamientos

Ambos tipos de modelos son útiles en la evaluación de recursos hídricos, pero aplicados a grandes cuencas hidrográficas presentan una serie de inconvenientes difíciles de superar en ambos casos. Los modelos numéricos precisan gran información y sólo han sido aplicados, por ello, en pequeñas cuencas experimentales en las que se poseía una gran cantidad de información fisiográfica y meteorológica a pequeña

escala. En cambio, los modelos de tipo agregado-conceptual no pueden, en general, tratar la variabilidad espacial de los parámetros y de las variables implicadas en el ciclo hidrológico, por lo que no ofrecen buenos resultados enfrentados a grandes cuencas de cierta heterogeneidad.

Estos dos tipos de modelización son sin duda útiles en la planificación y evaluación de recursos hídricos y se seguirán utilizando en aquellos casos en los que alguna de las dificultades previamente apuntadas pudieran superarse. Por esta razón, y durante los últimos años, se vienen realizando esfuerzos por diseñar modelos hidrológicos que pudiendo considerar la variabilidad fisiográfica y por ende, que posean como característica su carácter distribuido, no precisen excesiva información y por tanto, sean aplicables a casi cualquier situación por extensa que esta sea.

3.3.4 Utilización de los Modelos Matemáticos en hidrología

Si un modelo es capaz de reproducir el funcionamiento del sistema para un rango suficientemente amplio de situaciones que se han producido en la realidad será generalmente capaz de simular lo que sucedería bajo otra serie de condiciones. Cabe por tanto, reducir las utilidades básicas de los modelos a dos fundamentales:

- Comprender el funcionamiento de un sistema en situaciones que se producen en la realidad (fase de calibración).
- Posibilidad de conocer el funcionamiento de un sistema en situaciones que no se han producido en la realidad (imposibles en el prototipo por su coste y tamaño de escala), y que nos permitirán mejorar la visión de esta.

Algunas aplicaciones de los modelos en el campo de la Hidrología son las siguientes:

- Analizar los efectos que producen una serie de cambios en las características físicas del sistema (parámetros).
 - Sección del río en un tramo (al encauzar)
 - Coeficiente de escorrentía en una cuenca (al urbanizar)

- Porosidad en un acuífero (al efectuar inyecciones)
 - Coeficiente de rugosidad de Manning (al limpiar un cauce)
- Analizar los efectos que producen en los OUTPUTS modificaciones en los INPUTS.
- Impacto de un posible cambio climático sobre los recursos hídricos.
 - Variaciones de los caudales máximos de una crecida para diferentes chubascos tipo.
 - Mejoras en la calidad de las aguas de un río tras la construcción de depuradoras.
 - Modificaciones del perfil de la lámina de agua en un río para diferentes caudales punta.

3.3.5 Etapas en la implementación de los Modelos Matemáticos

Las fases en las que puede dividirse el proceso de implementación de un modelo matemático determinístico (Carrera, 1985) son:

- Formación del modelo conceptual
- Construcción del modelo
- Calibración de los parámetros del modelo
- Validación del modelo

Por formación del modelo conceptual se entiende la idea, fundamental cualitativa, que tiene el hidrólogo del funcionamiento del sistema. La etapa de construcción del modelo es aquella en la que se forman las ecuaciones que describen el modelo conceptual planteado, se establecen las relaciones entre ellas y se procede a su resolución. La calibración es la etapa del proceso de implementación que obliga a que el funcionamiento del modelo matemático reproduzca la historia del sistema real estudiado y es seguida, aunque en menos ocasiones de lo que sería deseable, por la validación, con la cual se comprueba el adecuado funcionamiento del modelo con una serie de observaciones no utilizadas en la calibración.

3.3.6 Limitaciones en la aplicación de los Modelos Matemáticos

Los modelos son una herramienta de trabajo muy valiosa pero no un fin por si mismos. No hay que perder nunca de vista el problema real con que se está enfrentando el hidrólogo, que en ocasiones no requerirá modelos sofisticados y bastará con simples fórmulas o incluso únicamente cierto sentido común.

Toda modelización precisa de una serie de hipótesis. El arte del modelador reside en saber que hipótesis se pueden hacer y cuales no. A veces no es necesario elaborar nuestro propio modelo y es suficiente con utilizar uno ya existente. En cualquier faceta de la hidrología hay infinidad de modelos que resuelven problemas similares. Dependerá de la finalidad que se pretenda la elección de uno de ellos. Por ello debe siempre quedar muy claro las hipótesis en que se basan cada uno de los modelos disponibles.

En la fase de elección de un modelo hay que tener siempre presente la disponibilidad de datos que se tiene. Suele ser mejor un mal modelo con buenos datos que un buen modelo con malos datos.

Por otra parte no se debe olvidar que hay problemas reales que es mejor abordar su solución con otro tipo de modelos, como pueden ser los reducidos.

3.3.7 Modelos agregados con reducido número de parámetros

Este tipo de modelos reproducen el ciclo hidrológico de una forma simplificada (Figura 5). Utilizan pocos parámetros (entre 2 y 6 generalmente) dado que su escala temporal de simulación (semanas, meses, etc.) hace que no sea preciso considerar todos los procesos que constituyen el ciclo hidrológico.

En la práctica, han sido muy utilizados por las siguientes razones:

- a) No siempre la finalidad del estudio justifica simulaciones a escalas temporales inferiores al mes.
- b) La falta de disponibilidad de datos para la aplicación de modelos más complejos.

c) La conveniencia de simular y contrastar los datos a una escala temporal superior antes de proceder a la evaluación de los recursos hídricos a otra inferior.

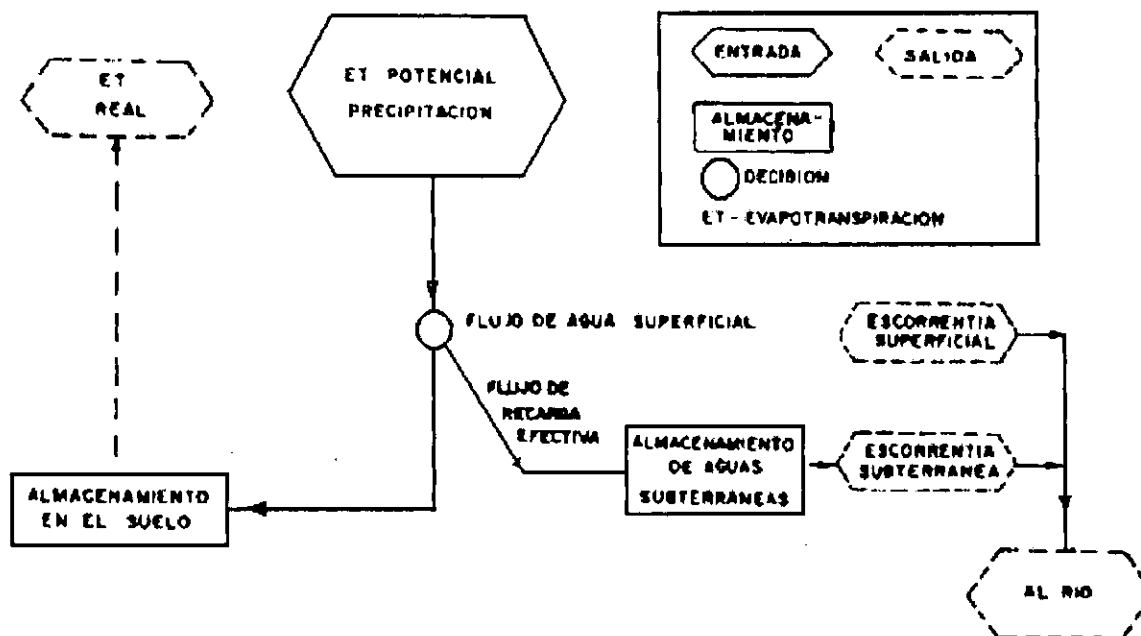


Figura 5. Diagrama de flujo de un modelo de un balance de humedad de pocos parámetros.

En ocasiones puede justificarse su utilización a escalas inferiores, por ejemplo la diaria, si los resultados son posteriormente agregados a una escala temporal superior, como puede ser el mes.

Entre los modelos mas conocidos cabe citar los siguientes (Alley, 1984):

Modelo THORNTHWAITE - T (Thornthwaite and Mather, 1955)

Es el mas sencillo de los existentes. Su origen se remonta al año 1955 en que fue creado por Thornthwaite. Considera el suelo como un único embalse en el que el excedente de agua se produce solamente cuando este se encuentra lleno. Ese excedente se reparte entre agua que escurre superficialmente y agua que se almacena en el acuífero para ser drenada al río en instantes posteriores.

Modelo PALMER - P (Palmer, 1965)

Fue creado por Palmer en el año 1965. Considera dos zonas de almacenamiento para reproducir el funcionamiento del suelo, la zona radicular o superior, donde la evapotranspiración tiene lugar a la velocidad de la evapotranspiración potencial (ETP) y la inferior, en donde plantea una ley de evapotranspiración que tiene en cuenta la mayor dificultad para que la evapotranspiración se produzca a la velocidad de la potencial. El excedente de agua tiene lugar cuando ambos embalses se encuentran llenos.

Modelo ABCD (Thomas and Fiering, 1962)

Este modelo permite que se produzca excedente de agua aún cuando el suelo no se encuentre lleno. El reparto de ese excedente entre agua que escurre superficialmente y agua que recarga el acuífero lo hace mediante un coeficiente Constante en el tiempo, lo cual no es excesivamente realista. Establece un balance de agua en el almacenamiento subterráneo y considera su descarga como una fracción constante del mismo.

Thomas (1981) presentó un balance de agua alternativo, definiendo una variable de estado como:

$$W_i = P_i + S_{i-1} \quad (4)$$

y una segunda variable de estado que representa la suma de evaporación y almacenamiento de humedad del suelo:

$$Y_i = E_i + S_i \quad (5)$$

Esta variable de estado es computada como una función no lineal del agua disponible W_i , usando:

$$Y_i(W_i) = (W_i + b)/2a - \{[(W_i + b)/2a]^2 - W_i b/a\}^{0.5} \quad (6)$$

Esta función asegura que $Y_i < W_i$, $Y(0) = 1$, y $Y'(\alpha) = 0$. Un límite superior de Y es b . Thomas et al (1983) anotan que, además de estas propiedades, la función $Y(W)$ no tiene particular significancia.

Se asumió que la tasa de pérdida de humedad por evaporación es proporcional a la humedad del suelo. Asumiendo que la rata de humedad almacenada en el suelo al comienzo del mes es Y_i , se tiene:

$$S_i = Y_i \exp (-PE_i/b) \quad (7)$$

La diferencia $W_i - Y_i$ es la suma de la escorrentía directa $(Dr)_i$ y de la recarga subterránea $(GR)_i$. Esto es asignado usando el parámetro c .

$$(GR)_i = c (W_i - Y_i) \quad (8)$$

$$(DR)_i = (1 - c) (W_i - Y_i) \quad (9)$$

La descarga del acuífero es:

$$G_i = [c(W_i - Y_i) + G_{i-1}] / (1+d) \quad (10)$$

Así el modelo tiene 4 parámetros , a , b , c , d y cada uno tiene un grado de interpretación física. El parámetro a ($0 < a \leq 1$) refleja la propensión a ocurrir escorrentía antes que el suelo esté saturado, (Thomas et al, 1983). Valores del parámetro a menores que 1.0 resultan en escorrentía cuando $W_i < b$.

El parámetro b es el límite superior de la suma de humedad en suelo 'y evapotranspiración. c es la fracción de escorrentía media que proviene del acuífero y d es la inversa del tiempo de residencia en el acuífero.

Modelo TEMEZ(Témez, 1977)

Este modelo reproduce los procesos esenciales de transporte de agua que tienen lugar en las diferentes fases del ciclo hidrológico. El proceso esta presidido por el principio de continuidad o conservación de la masa y regulado por leyes específicas de reparto y transferencia entre los distintos términos del balance.

Considera el terreno dividido en dos zonas:

- La superior no saturada o de humedad del suelo, en cuyos poros coexisten el agua y el aire.
- La inferior o acuífero, que está saturada de agua, funcionando como un embalse subterráneo con desagüe a la red superficial de drenaje.

Una parte T del agua precipitada P , acaba siendo drenada y sale por el río, mientras el resto, después de almacenarse en la zona de humedad del suelo, alimenta la evapotranspiración en fechas posteriores.

El excedente T se descompone en una parte que discurre en superficie, E , y otra que infiltra hasta el acuífero. La primera evacua por el cauce dentro del período de tiempo presente mientras que el agua infiltrada se incorpora al acuífero, desaguando parte en el presente intervalo mientras que el resto permanecerá en el embalse subterráneo para salir en fechas posteriores.

La ley de excedentes se plantea según la siguiente expresión:

$$T_i = 0 \quad \text{si } P_i \leq P_0 \quad (11)$$

$$T_i = (P_i - P_0)^2 / p_i + \delta - 2P_0 \quad \text{si } P_i > P_0 \quad (12)$$

Siendo

$$\delta = H_{\max} - H_{i-1} + EP_i \quad P_0 = C \cdot (H_{\max} - H_{i-1}) \quad (13)$$

donde P_i es la precipitación en el período comprendido en el instante $i-1$ al instante i (mm), T_i es el excedente en el período comprendido desde el instante $i-1$ al instante i (mm), $H_{\max}$ es la capacidad máxima de humedad en el suelo (mm), H_{i-1} la humedad en el suelo en el instante $i-1$ (mm), EP_i la evapotranspiración potencial desde el instante $i-1$ al instante i (mm) y C es un parámetro de modelo.

Las hipótesis que se realizan sobre el funcionamiento del acuífero son las siguientes.

- Ley de descarga del acuífero exponencial

$$Q_i = Q_{i-1} \cdot e^{-\alpha \cdot t} \quad (14)$$

Donde

Q_i es el caudal de descarga en el instante i , α es el coeficiente de la rama de descarga del acuífero y t el intervalo de tiempo entre los instantes $i-1$ e i .

La relación entre el caudal de descarga y el volumen almacenado en el acuífero es igual a:

$$Q_i = \alpha \cdot V_i \quad (15)$$

- La recarga por infiltración se supone concentrada en la mitad del período con lo cual la ley de los caudales subterráneos resulta:

$$Q_i = Q_{i-1} \cdot e^{-\alpha \cdot t} + \alpha \cdot R_i \cdot e^{-\alpha \cdot t/2} \quad (16)$$

Siendo R_i la recarga al acuífero en el período $i-1$ a i , coincidente con la infiltración I_i . La aportación subterránea a lo largo del período A_i resulta:

$$A_i = V_{i-1} - V_i + R_i \cdot t \quad (17)$$

La aportación total de la suma de la escorrentía superficial (excedente menos infiltración) y la aportación subterránea

$$A_{Ti} = T_i - I_i + A_i \quad (18)$$

Los parámetros del modelo son $H_{\max}$ la capacidad máxima de humedad del suelo, C el parámetro de excedencia, $I_{\max}$ la capacidad máxima de infiltración y α el coeficiente de la rama de descarga.

Efecto de la variación del parámetro de infiltración máxima al acuífero, $I_{m\acute{a}x}$ (figura 6):

- Un aumento supone una mayor infiltración y el consiguiente aumento de la componente subterránea que se hace más sensible al módulo de descarga.
- Da el reparto de excedente entre componente superficial y subterránea.

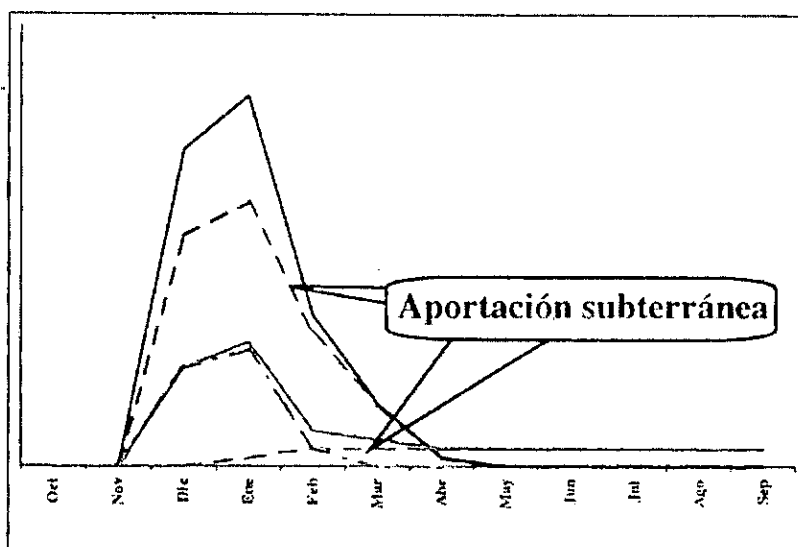


Figura 6. Variación del parámetro de infiltración máxima al acuífero

Efecto de la variación del coeficiente de descarga del acuífero α (figura 7):

- Una disminución supone ralentizar la descarga del acuífero. No se modifica la componente superficial.
- Modula la rama de descarga o agotamiento del hidrograma.

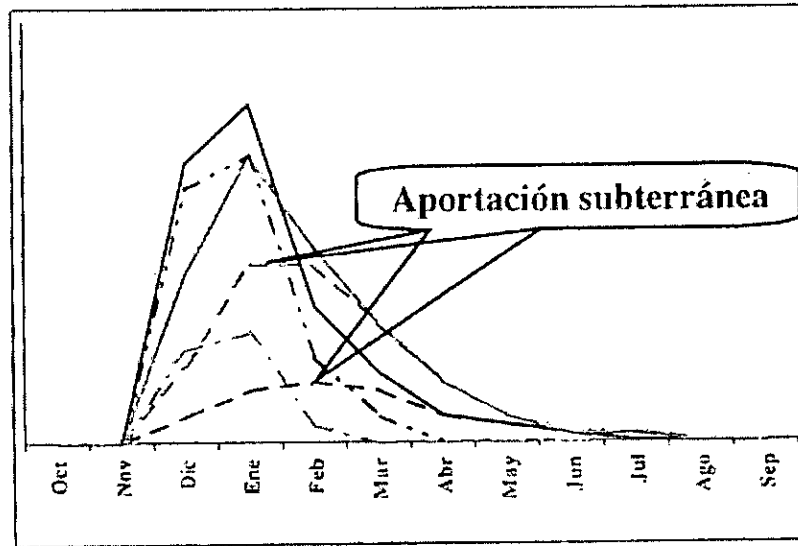


Figura 7. Variación del coeficiente de descarga del acuífero.

Efecto de la variación del parámetro de excedencia C (figura 8):

- Un aumento supone un mayor almacenamiento en el suelo y mayor evapotranspiración. Si el almacenamiento se produce en épocas de baja evapotranspiración potencial, se generarán puntas y estrechamientos del hidrograma.
- Puede representar el efecto de cierta variabilidad espacial.

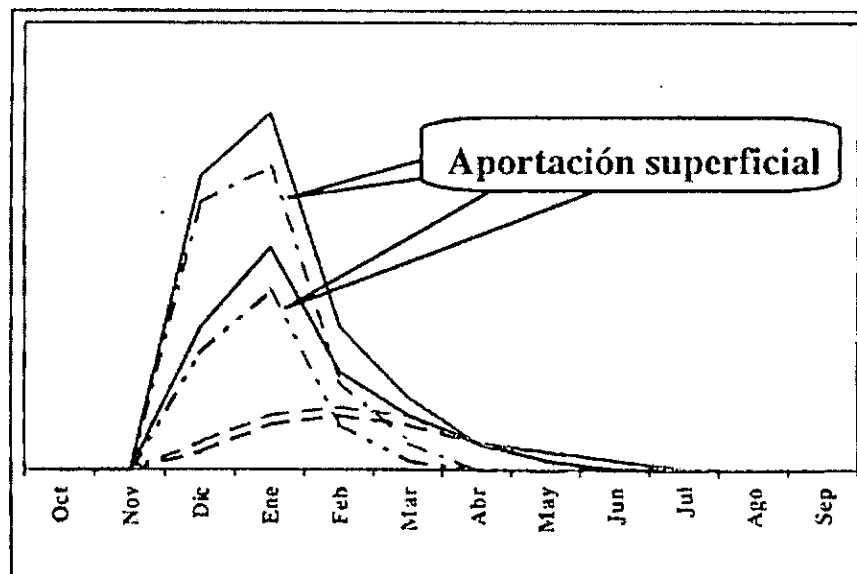


Figura 8. Variación del parámetro de excedencia

Este modelo realiza un reparto del excedente más realista que el modelo ABCD, entre el agua que escurre superficialmente y el agua que infiltra al acuífero. Considera, al igual que el modelo Thornthwaite, una única zona de almacenamiento en el suelo.

Modelo IAHCRES.

Desarrollado por el Institute of Hydrology of the UK and the Centre for Resource and Environmental Studies In the Australian National University, y descrito por Jackeman et al (1990) y Jackeman y Hornberger (1993).

La lluvia de exceso es obtenida de la lluvia de cada período por una relación no lineal.

$$EX_i = z P_i S_i \quad (19)$$

Donde

EX es la lluvia de exceso, z es un factor requerido para asegurar la equivalencia en volumen de lluvia de exceso y el caudal total medido en el periodo modelado.

S_i es un índice de humedad de la cuenca.

El índice, S, es calculado como una ponderación de la serie de tiempo de lluvias, los pesos decayendo exponencialmente hacia atrás en el tiempo.

$$S_i = P_i + (1 - T_i^{-1}) S_{i-1} \quad (20)$$

La tasa en que la humedad de la cuenca disminuye, T_i , es dependiente de la temperatura y el almacenamiento en el día previo

$$\tau_i = \tau \exp f(20 - T_i) (\exp (-p S_{i-1})) \quad (21)$$

Donde

T es la temperatura y τ , f y p son parámetros del modelo. La escorrentía es relacionada a la lluvia de excesos por un ecuación lineal recursiva.

$$P_i = -a_1 P_{i-1} - a_2 P_{i-2} + B_0 EX_i + b_1 EX_{i-1} \quad (22)$$

Donde

a_1 , a_2 , b_0 , y b_1 son parámetros del modelo. Hay así 7 parámetros (a_1 , a_2 , b_0 , b_1 , τ , f y p) en el modelo IHACRES, el uso de 4 parámetros describe un modelo lineal de dos componentes definiendo una respuesta de flujo rápido y flujo lento. IHACRES ha sido aplicado a varias cuencas en el mundo como describe Jakeman y Hornberger 1993.

3.3.8 Calibración de parámetros en Modelos Hidrológicos Determinísticos

La calibración es la etapa del proceso de implementación de un modelo matemático determinístico en la cual se busca que éste reproduzca la historia del sistema real estudiado. Es seguida, aunque en menos ocasiones de lo que sería deseable, por la validación, con la cual se comprueba el adecuado funcionamiento del modelo con una serie de observaciones no utilizadas en la calibración.

La calibración es una de las etapas más controvertidas de éste proceso de implementación, ya que en muy pocas ocasiones se describen las propiedades de los residuos o diferencias entre los valores simulados por el modelo y los valores medidos. En la mayoría de los estudios únicamente se presentan gráficos comparando las series simuladas y observadas de caudales y alguna medida de la bondad del ajuste, tal como pueda ser el coeficiente de determinación múltiple.

Concepto de Calibración: Manual Y Automática. La calibración consiste en la determinación de los valores de los parámetros del modelo que conducen a una reproducción adecuada del funcionamiento observado del sistema y son compatibles con el rango de validez física de los mismos. Algunos parámetros se pueden estimar mediante el estudio de las características de la cuenca, pero otros, generalmente relacionados con los subprocesos internos que tienen lugar en la cuenca, no pueden

ser determinados de esa manera y por tanto deben ser estimados indirectamente en la fase de calibración. Aún en la situación hipotética de tener informaciones sobre todos los parámetros, no sería conveniente proceder a la utilización del modelo sin haberse asegurado de que todos los datos disponibles (variables y parámetros) son cualitativa y cuantitativamente compatibles.

La calibración es “per se” un proceso iterativo, en el que se empieza con los valores medidos o supuestos de los parámetros, y se van modificando sucesivamente a fin de reducir las diferencias entre los valores simulados y observados de las variables de control (Figura 9). Este proceso se puede hacer manual o automáticamente.

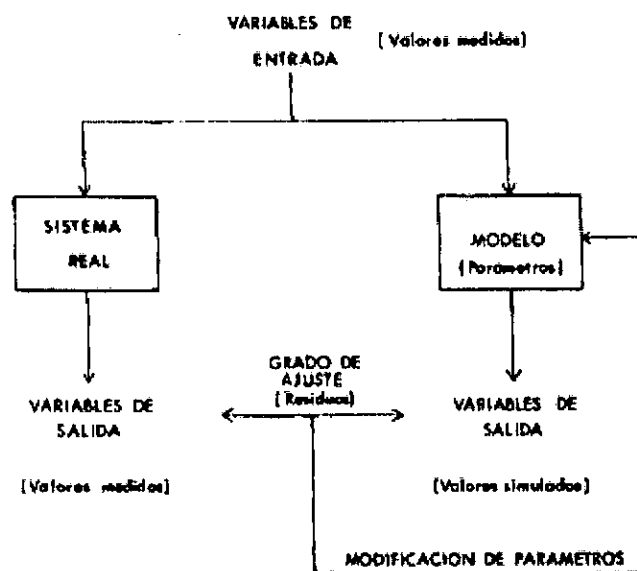


Figura 9. Proceso seguido en la calibración de un modelo determinístico

Cuando se calibra manualmente un modelo es habitual utilizar gráficos o mapas de los valores simulados y observados, para poder deducir a partir de ellos, cuales son los parámetros que deben modificarse y en que dirección deben hacerlo. Este procedimiento es muy subjetivo y dependiendo de quien sea el modelador conducirá a unos resultados u otros, aunque presenta la ventaja de que aquel durante ese proceso, consigue una gran familiaridad con el papel y sensibilidad de cada parámetro. Un

inconveniente de la calibración manual es el esfuerzo de tiempo que requiere, sobre todo cuando el número de parámetros o variables de control es muy elevado.

Otra posibilidad es la calibración automática, donde mediante la utilización de métodos numéricos se obtienen los valores de los parámetros que minimizan los residuos o diferencias entre los valores simulados y observados. Cuando se utilizan este tipo de técnicas es conveniente, en cualquier caso, visualizar gráficamente los resultados y hacer un análisis de sensibilidad de los mismos respecto a los parámetros. Una simple inspección visual de los gráficos puede mostrar, por ejemplo, que unos residuos muy grandes pueden ser debidos a que no se ha considerado un efecto "timing" o desfase de flujos en la formación del modelo conceptual.

La fase de calibración tiene como objetivo minimizar los errores del modelo. Antes de plantear la función de error, más comúnmente llamada función objetivo, es conveniente analizar los tipos de errores habituales en la modelación hidrológica.

Sea un modelo de transformación lluvia-caudal con K parámetros $\Theta_0, \Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_K$, que simula caudales sobre n periodos sucesivos de tiempo (ej: días, semanas, meses). La diferencia entre los valores simulados y observados es el residuo o término de error. Por tanto se puede escribir:

$$q_t = q_t(\Theta) + e_t(\Theta) \quad 1 \leq t \leq n \quad (1) \quad (23)$$

Donde q_t es el caudal observado para el periodo de tiempo t, $q_t(\Theta)$ es el simulado por el modelo con el conjunto de parámetros Θ y $e(\Theta)$ es el residuo.

Las fuentes posibles de error son las siguientes:

- La falta de adecuación del propio modelo, que al ser una simplificación de la realidad siempre tiene asociado un cierto error estructural; no hay nunca un modelo exacto.

- Los datos. Pueden existir errores en los datos de entrada (ej: estimas incorrectas de la precipitación arca sobre la cuenca), lo cual afectará a la salida del modelo. Por otra parte, los caudales observados con los cuales se compara los resultados del modelo tendrán también un cierto grado de error. Todas esas fuentes de error pueden ser grandes o pequeñas pero están siempre presentes.

Sería deseable que estos errores cumpliesen una serie de requisitos:

1. Que los errores $e_t(\Theta)$ sean estacionarios con media, $E(e_t) = 0$ y varianza constante $E(e_t^2) = \sigma^2$
2. Que los errores no presenten autocorrelación temporal.
 $E(e_t e_{t-l}) = 0$ para todo $l \neq 0$

3. Que los errores estén normalmente distribuidos.

$$e_t \in N(0, \sigma_e)$$

Estas hipótesis van usualmente asociadas al análisis de regresión lineal (Draper y Smith, 1981). Si los errores presentasen esa clase de estructura sería obvio que un simple número, σ^2 , resumiría que tan segura sería la predicción con el modelo. Desafortunadamente, en muchas situaciones los errores no obedecen esas hipótesis.

Un examen del gráfico de los errores como una función de las predicciones revela, en ocasiones, que estos muestran frente a las predicciones una dependencia en la media y que la variabilidad (varianza) no es la misma para cualquier magnitud del caudal predicho. Los cambios en la varianza suelen estar asociados a mayores errores de predicción en los caudales mayores. Ello se debe, entre otras causas: a) la falta de adecuación del modelo para representar eventos de cualquier magnitud, b) la forma de la curva de caudal; su concavidad hace que un cambio unitario en las lecturas de niveles altos se traduzca en desviaciones más grandes en los caudales que en el caso de lecturas más bajas. La dificultad en la estimación de la parte alta de esa curva y el hecho de que las mediciones de niveles altos posean habitualmente un mayor error,

determinan este efecto, c) la propagación del error a partir de los datos de precipitación; un mismo porcentaje de error afecta menos a los caudales predichos cuando el valor de la precipitación es menor.

Un examen del gráfico de la evolución temporal de los residuos muestra que en los períodos de recesión suelen aparecer secuencias largas de residuos con el mismo signo. Aparte de la explicación obvia de la inadecuada modelación del proceso lluvia-caudal, un factor que también puede contribuir a ello es la correlación entre caudales, la cual se introduce automáticamente cuando estos son traducidos de una curva de gasto errónea (Clarke, 1973).

Tanto la falta de estacionariedad como la autocorrelación serial aumentan a medida que el intervalo entre medidas sucesivas se hace mas corto. A escalas temporales pequeñas (horas, días) estos efectos son mucho más apreciables que a escalas superiores (mes). Ello se debe a la suavización que tiene lugar cuando se agregan y promedian los datos temporalmente.

La hipótesis de normalidad es difícil de satisfacer. Los residuos suelen presentar distribuciones algo sesgadas, explicables en parte, por la propia distribución sesgada que siguen los caudales. En el caso de que se requieran regiones de confianza para las estimas de los parámetros (Clarke, 1973), será preciso hacer hipótesis sobre la distribución de probabilidad de los residuos.

Para garantizar el buen funcionamiento del modelo, Aitken (1973) recomienda aplicar otro tipo de contrastes a los residuos, complementarios de los anteriormente citados, como el test del signo y la curva de masa de los residuos.

Criterios o Funciones Objetivo

El análisis de los tipos de errores en la modelación lluvia-caudal ha propiciado la aparición de diversos tipos de funciones objetivo. Son expresiones matemáticas que

miden el grado de ajuste entre los valores simulados y los observados, como una función de la secuencia temporal de los residuos.

Uno de los criterios mas simple y utilizado hasta la fecha ha sido el de mínimos cuadrados (SLS). Sea $q_1, q_2, \dots, q_n$ una secuencia de "n" caudales observados. Los valores del conjunto de parámetros Θ serán aquellos que minimizan la función objetivo $U_n(\Theta)$.

$$U_n(\Theta) = n^{-1} \sum_{t=1} e_t(\Theta)^2 \quad (24)$$

o lo que es lo mismo,

$$U_n(\Theta) = n^{-1} \sum_{t=1} (q_t - q_t(\Theta))^2 \quad (25)$$

Una forma más general que las expresiones anteriores es:

$$U_n(\Theta, j) = n^{-1} \sum_{t=1} (q_t - q_t(\Theta))^j \quad (26)$$

donde j es cualquier número positivo. Cuando $j = 1$, se tiene una función objetivo de mínimos absolutos y cuando $j = 2$ coincide con la expresión anterior.

Un estudio de sensibilidad de la función objetivo respecto al exponente j , fue hecho por Johnston and Pilgrim (1976) con un modelo de balance de humedad simplificado, concluyendo que los valores estimados de los parámetros no dependían del exponente pero si que lo hacía la forma de la superficie de la función objetivo y por tanto la facilidad o dificultad para encontrar el mínimo.

Un valor del exponente $j = 2$ presentaba una superficie más fácil de optimizar.

Según la experiencia de algunos investigadores, el criterio de mínimos cuadrados da lugar a estimas insesgadas y de mínima varianza solo si se satisfacen las hipótesis siguientes: a) los errores son estacionarios en media y varianza; b) los errores no presentan autocorrelación. Si estos siguen además una distribución normal, entonces los parámetros serán estimas de máxima verosimilitud (ML).

Tradicionalmente, para manejar casos de error no estacionarios en varianza se han seguido dos caminos: a) usar transformaciones de los caudales que estabilicen la varianza (p.e: la logtransformación) y aplicar posteriormente el criterio SLS; b) utilizar directamente algún criterio de mínimos cuadrados ponderados (WLS).

Algoritmos de Optimización

La minimización de las funciones objetivo planteadas en el apartado anterior requiere la utilización de algoritmos numéricos de optimización. La elección de estos ha sido discutida por muchos investigadores (Ibitt and O'Donnell, 1971; Johnston and Pilgrim, 1976; Sorooshian and Dracup, 1980; entre otros). Prácticamente hay coincidencia entre todos ellos en que las técnicas de búsqueda directa se han mostrado superiores a las técnicas de gradiente. En estas últimas la optimización de la función objetivo requiere la evaluación de las derivadas de ésta respecto a los parámetros, realizándose la búsqueda según la dirección del gradiente. La forma de la superficie de respuesta de las funciones objetivo cuadráticas es generalmente compleja y la obtención de expresiones analíticas de las derivadas es tarea inabordable, requiriéndose la aplicación de métodos numéricos de perturbación para su obtención. Por otra parte, Johnston and Pilgrim (1976) señalan que los métodos basados en la evaluación de las derivadas se enfrentan con el problema de las discontinuidades, siempre presentes, en la superficie formada por la función objetivo, lo cual afecta adversamente al funcionamiento de este tipo de métodos. Mediante ejemplos sencillos analizan como los umbrales que definen las capacidades de almacenamiento en los distintos elementos considerados (ej: intercepción, almacenamiento en depresión, suelo etc.) crean superficies discontinuas de la función objetivo.

El método de búsqueda directa más utilizado es el de búsqueda con rotación de ejes (Rosenbrock, 1960). Está basado en el de búsqueda univariada, en el cual se realiza la optimización sucesiva de la función objetivo dejando en movimiento cada vez uno de los parámetros y fijando el resto. Cuando todas las 'n' direcciones según los parámetros han sido investigadas sucesivamente, termina una iteración y la búsqueda es repetida empezando desde los mejores valores encontrados para los parámetros. La mayor debilidad del método de búsqueda univariada es que no puede optimizar satisfactoriamente problemas donde las curvas de nivel de la superficie de la función objetivo presentan formas alargadas e inclinadas respecto a los ejes de los parámetros. Tales situaciones son normales cuando existe algún grado de dependencia o correlación entre parámetros. El proceso degenera entonces en una búsqueda en zigzag de progresión muy lenta hacia el óptimo. El método de búsqueda con rotación de ejes es similar en su primera fase pero cuando se producen estructuras como la anteriormente comentada recurre a rotaciones de los ejes de los parámetros, o a realizar la búsqueda del mínimo de la función según combinaciones lineales de los parámetros. Este método progresa muy rápidamente en esas estructuras evitando la debilidad del método de búsqueda univariada. En este trabajo se ha utilizado el algoritmo de optimización de Rosenbrock con pequeñas modificaciones operacionales relativas a los criterios de convergencia.

Problemática de la Optimización

Algunas de las dificultades que se encuentran los métodos de optimización en su búsqueda del mínimo de la función objetivo son:

- a) Indiferencia de la función objetivo a los valores de los parámetros. Esto tiene lugar cuando las salidas del modelo, y por tanto el valor de la función objetivo no es afectada por cambios en el valor de un parámetro, bien porque este representa procesos que no son esenciales en la modelación, bien porque no es activado por la secuencia de datos utilizada en la calibración. Si al aumentar la secuencia de datos no se consigue activar el parámetro, ello revela que en la etapa de formación

conceptual del modelo se han introducido procesos de escasa importancia. Para detectar este tipo de problemas y evitar interpretaciones físicas erróneas de los parámetros, es aconsejable utilizar técnicas de análisis de sensibilidad.

- b) Interdependencia entre los parámetros del modelo. Se produce cuando un cambio en el valor de un parámetro puede compensarse por cambios en uno o más del resto de parámetros. Un gran número de combinaciones de los valores de los parámetros dará valores similares en la función objetivo. Esta circunstancia es muy habitual en modelos de muchos parámetros donde se crean valles de fondo alargado en la forma de la superficie de la función objetivo incrementándose así la dificultad en la optimización. El algoritmo de Rosenbrock intenta facilitar la optimización en esos casos. Sin embargo, este hecho suele indicar una formulación no adecuada en la estructura del modelo. La obtención de la matriz de correlación de las estimas de los parámetros puede ser muy útil cuando el número de parámetros es superior a dos y el dibujo de gráficos de la superficie respuesta es una tarea dificultosa.

El efecto de interdependencia (o correlación) en la modelación lluvia-caudal es discutido por Johnston y Pilgrim (1976) y Mein y Brown (1978). Sorooshian y Arfi (1982) proponen varias medidas de interacción o interdependencia de los parámetros.

- c) Óptimos locales. Estos son puntos de la superficie de la función objetivo que tienen valores más bajos de ésta que cualquiera de los puntos que los rodea, pero más grandes que cualquier otro punto o puntos en otra región de la superficie respuesta. La búsqueda puede, por tanto, terminar en un punto que no es el óptimo absoluto. Este problema se presenta habitualmente en la modelación hidrológica y es más acusado a medida que crece el número de parámetros. La única solución para acercarse al mínimo absoluto es realizar un barrido repitiendo el proceso de optimización con 'm' conjuntos de valores iniciales de los parámetros, e incluso en ese caso no se sabrá si se ha alcanzado el óptimo. El no alcanzarlo no es

problemático si el ajuste es satisfactorio y las propiedades de los residuos son aceptables.

Si los datos estuviesen libres de error y el modelo tuviese un único parámetro no se producirían mínimos locales. A medida que crece el número de parámetros y los datos presentan mayor grado de error aumentan esos mínimos. Una mejor representación de la estructura estocástica de los residuos o errores mediante los criterios objetivo facilitará la identificación del fenómeno de interdependencia de parámetros (estrechamente relacionados con su número y representación conceptual realizada), como causa fundamental de aparición de mínimos locales.

- d) Identificabilidad y unicidad de la solución. La cuestión de la identificabilidad y unicidad de parámetros es considerada en detalle por Gupta y Sorooshian (1983) y Sorooshian, Gupta y Fulton (1983). Ellos argumentan que los parámetros umbrales, técnicamente identificables para un período de calibración suficientemente largo, pueden en algunos casos no ser activados por series más pequeñas de datos, haciendo que estimas únicas no sean posibles de obtener. Este hecho, claramente intuitivo, no parece ser la única causa. Troutman (1985) señala que el problema de la identificación y unicidad está estrechamente ligado con el de la correlación entre parámetros. Un ejemplo de un conjunto de parámetros que no son identificables sería b_1 y b_2 , si estos dos parámetros apareciesen en el modelo solo como suma $b_1 + b_2$, o producto $b_1 b_2$. En ese caso, no serían identificables ya que se podrían modificar sus valores manteniendo la suma o el producto constante y no alterando, por tanto, los resultados de la predicción. Tal modelo se dice estar sobrep parametrizado. En ocasiones, expresiones de los parámetros más complejas, que en principio no parecen mostrar interdependencia, pueden enmascarar relaciones como las arriba expuestas para ciertas secuencias de datos.
- e) Estimaciones de parámetros fuera de rangos físicos aceptables. Este problema podría resolverse planteando algoritmos de optimización con restricciones, aunque ello no es aconsejable, pues suele producirse en los casos siguientes: a) la estructura del modelo es incorrecta, b) el criterio objetivo no es adecuado, c) los

datos de calibración presentan fuertes incoherencias entre sí; no errores aleatorios o incluso sistemáticos, que pueden ser tratados con alguna de las funciones objetivo propuestas. Si los valores óptimos de los parámetros no estuviesen dentro del subespacio de los parámetros considerado como factible, habría que cuestionar y analizar las situaciones anteriores. Troutman (1985) indica que los errores en los datos de entrada parecen ser la causa más relevante de las estimas no realistas de los parámetros.

- f) Escasez de datos de calibración. Muchos investigadores han sugerido utilizar series muy largas para mejorar los resultados de la calibración. Sin embargo, no es la longitud de las series de datos, sino la información contenida en ellas (variabilidad hidrológica) lo que es importante. Sorooshian, Gupta y Fulton (1983) encontraron que con su procedimiento de calibración obtenían estimas realistas de los parámetros con sólo un año de datos de calibración; el uso de series más largas sólo mejoraba marginalmente las estimas. Recomendaron que no se usara menos de un año hidrológico y si fuese posible se utilizaran años húmedos y secos, para así asegurar la activación de todos los parámetros del modelo durante la calibración.

Toda esta problemática, que no solo se plantea en la calibración automática, sino de igual modo cuando ésta se hace manualmente, puede propiciar errores importantes cuando se realiza la validación del modelo o lo que puede ser más grave, cuando se está inmerso en un proceso de regionalización, donde parámetros indiferentes o no identificables en unas cuencas se extrapolan a otras donde si lo son.

4. METODOLOGÍA

4.1 SELECCIÓN DEL PERIODO DE ESTUDIO

Con la información pluviométrica suministrada (5 estaciones) y el correspondiente cronograma de registro histórico se definió el período de estudio homogéneo, tratando de obtener el mayor número posible y la menor longitud de datos faltantes en la mayoría de las estaciones; iniciando en enero de 1970 y finalizando en diciembre de 1996 (27 años).

4.2 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROCLIMÁTICA

Se tomaron de los datos existentes en los trabajos realizados con anterioridad por Montoya (1995, 1997), Carvajal (1995). Que incluían registros de precipitación, evaporación y caudal.

4.3 SELECCIÓN DE LA RED DE MEDICIÓN

4.3.1 Estaciones pluviométricas

De acuerdo a criterios como ubicación, tiempo de registro y vigencia de funcionamiento, se escogieron las estaciones que integran la red pluviométrica. La Tabla 2 muestra las estaciones de precipitación seleccionadas, cuyos datos totales mensuales están en milímetros (mm).

Tabla 2. Estaciones pluviométricas

Estación	Categoría	Cuenca	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Altitud (msnm)	Período de Registro (años)
Brasilia	PG	Cali	03°27'	76°38'	1864	32
Los Cristales	PG	Cañaveralito	03°26'	76°35'	1312	28
Peñas Blancas	PG	Pichindé	03°25'	76°40'	2158	32
La Teresita	CO	Cali	03°27'	76°40'	1950	30
Yanaconas	PM	Pichindé	03°26'	76°36'	1730	43

Las estaciones seleccionadas cubren de manera homogénea las diferentes zonas de vida de las cuencas de los ríos Cali y Pichindé, es decir, parte alta media y baja.

4.3.2 Estaciones limnimétricas.

Los ríos escogidos del área de estudio tienen estaciones de aforo en pleno funcionamiento y disponen de información continua, Bocatoma (río Cali) y Pichindé (río Pichindé). La Tabla 3 muestra las estaciones limnimétricas, cuyos datos mensuales multianuales están en m³/s.

Tabla 3. Listado de las Estaciones Limnimétricas Seleccionadas.

Estación	Categoría	Cuenca	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Altitud (msnm)	Período de registro (años)
Bocatoma	LG	Cali	03°27'	76°34'	1050	51
Pichindé	LG	Pichindé	03°26'	76°37'	1500	28

4.3.3 Estaciones climatológicas.

En el área de estudio sólo existe una estación climatológica, ubicada en el bosque muy húmedo montano bajo de la cuenca hidrográfica del río Cali. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Estación climatológica

Estación	Categoría	Cuenca	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Altitud (msnm)	Periodo de registro (años)
La Teresita	CO	Cali	03°27'	76°40'	1950	30

Tabla 5. Zona de influencia de las estaciones Climatológicas Cuencas Río Cali, Río Pichindé.

Estación	Rango de elevación (msnm)	Clasificación de Holdridge		Area (Km2)	
		Zona de Vida	Convención	Pichindé	Cali
La Teresita	> 1800	BOSQUE MUY HUMEDO MONTANO BAJO	bmh-MB	42.13	84.95
El Topacio	1200- 1800	BOSQUE HUMEDO SUBTROPICAL	bh-ST	7.07	35.94
Univalle	1200 >	BOSQUE SECO TROPICAL	bs-T	0.00	2.01
TOTAL				49.20	122.90

4.4 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

4.4.1 Precipitación

Se aplicó el método de las dobles acumulaciones, haciendo uso de los siguientes criterios:

- Régimen pluviométrico similar (+/- 10%).
- Elevación similar (+/- 200 m).
- Proximidad geográfica (inferior a 50 km).

Esta técnica se usa para verificar la consistencia de diversas clases de series hidrológicas, por medio de la comparación del dato acumulado de una estación, con el de otra, o una muestra obtenida de varias estaciones del área.

El gráfico de los datos acumulados de una de las variables, contra los datos acumulados de otra en estudio, es una línea recta tan extensa como la relación entre ellas se mantenga en proporción estable, la pendiente de la línea representa la constante de proporcionalidad entre las dos cantidades.

Un quiebre en la pendiente de la curva significa un cambio ocurrido en la constante de proporcionalidad entre las dos variables, o que la proporcionalidad no es constante para todos los valores acumulados.

Los quiebres en la curva de dobles masas son causados por cambios en la relación entre las variables, y pueden deberse a cambios en el método de toma de los datos o a cambios físicos que afectan la relación. Se supone que año a año los quiebres son debidos a cambios aleatorios y, por tanto, se ignora cualquier quiebre que persista por menos de cinco años.

Cuando la curva de dobles masas de los datos de precipitación para una estación en particular, tiene un cambio en la pendiente, la serie para un conjunto de condiciones puede ser ajustada a lo que hubiese sido de haberse registrado bajo el otro grupo de condiciones.

Se tomó como patrón el promedio aritmético de las cinco estaciones pluviométricas del área, las estaciones La Teresita y Yanaconas presentaron inconsistencias, se realizó entonces un ajuste lineal de estos datos. En el anexo 2.1 se muestran las curvas de dobles masas.

4.4.2 Caudal

Se utilizó el método de la curva de dobles acumulaciones, basándose en los mismos fundamentos aplicados a la información pluviométrica.

Análogamente a las estaciones pluviométricas, se confrontaron los registros de Pichindé y Bocatoma con el promedio aritmético de la lluvia registrada en la región. El anexo 2.2 presenta las curvas de dobles masas.

4.4.3 Aplicación de parámetros estadísticos.

Una vez ajustados los registros hidroclimáticos, se aplicaron sobre ellos los siguientes parámetros estadísticos: valor medio, valor mínimo, valor máximo, desviación típica y

coeficiente de variación. Estos parámetros estadísticos pueden constituirse en criterios de decisión relacionados con la confiabilidad y homogeneidad de la información, así como con los rangos de fluctuación que se presentan en sus registros.

4.5 CALCULO COMPONENTES DEL MODELO

4.5.1 Precipitación media

Partiendo de los datos de precipitación mensual de 5 estaciones pluviométricas, se calculó la precipitación media aplicando el método de los polígonos de Thiessen, Ver Tabla 6 y Plano 3; este dato depende de la precipitación en cada pluviómetro cercano, del área de solape entre sus correspondientes polígonos con la cuenca, y de la precipitación calculada a partir de las isoyetas Ver Tabla 7.

Tabla 6. Polígonos de Thiessen

Estación	Area (Km ²)		Porcentaje (%)	
	PICHINDE	CALI	PICHIDE	CALI
BRASILIA	5.04	18.72	10.24	25.40
LOS CRISTALES	0.00	5.83	0.00	7.91
PENAS BLANCAS	32.93	12.44	66.93	16.88
LA TERESITA	3.05	25.69	6.20	34.86
YANACONAS	8.18	11.02	16.63	14.95
TOTAL	49.20	73.70	100.00	100.00

Tabla 7. Ajuste de la Precipitación Media.

CUENCA	FACTOR DE AJUSTE											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
RIO CALI	1.220	1.039	1.197	1.184	1.148	1.096	1.091	1.010	1.106	1.130	1.405	1.140
RIO PICHINDE	1.305	1.158	1.321	1.316	1.220	1.145	1.163	1.058	1.173	1.190	1.539	1.241

Matemáticamente, el método puede describirse así:

$P_{j,k}$ = La precipitación registrada en el pluviómetro j , en el mes k .

$A_{p,j}$ = Área del polígono de la estación j que se incluye en la cuenca

A_t = Área total de la cuenca.

X= número de estaciones con polígonos incluidos total o parcialmente en la cuenca.

n = número de años de las series.

Entonces la precipitación para un mes k determinado, considerando el procedimiento de los polígonos de Thiessen, resultará

$$P_{apk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^X P_{i,k} A_{pi} / A_t \quad (27)$$

La precipitación media para todo el período calculada mediante polígonos corresponde a:

$$P_{ap} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{12n} P_{apk} \quad (28)$$

Si se llama P_i a la precipitación media calculada mediante la isoyeta, el valor de la precipitación correspondiente a cada mes será:

$$\bar{P}_{ap} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{12n} P_{apk} \bar{P}_i / \bar{P}_{ap} \quad (29)$$

Posteriormente, se procedió a la delimitación de los polígonos de Thiessen de las estaciones pluviométricas de interés, determinándose el factor de representación dentro de la cuenca de cada una de ellas, así como la precipitación media de toda la cuenca. De esta forma las series de precipitación mensual de las diferentes estaciones fueron afectadas por su correspondiente factor de representación, así como las correspondientes a las isoyetas.

4.5.2 Evaporación Total

Se calculo la evaporación total ponderada en cada una de las cuencas, cuenca río Cali y cuenca río Pichindé, tomando los registros de tres estaciones climatológicas (La Teresita, Univalle y Topacio) y ponderando de acuerdo al área de influencia de cada una de ellas sobre las cuencas Ver Tabla 8.

Tabla 8. Factor de ponderación de Estaciones Climatológicas

Estación	CUENCA	
	PICHINDE	CALI
UNIVALLE	0.00	0.02
EL TOPACIO	0.14	0.29
LA TERESITA	0.86	0.69

4.6 CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO DE SIMULACIÓN

Los parámetros de los modelos fueron optimizados mediante calibración automática tratando de hacer mínima la suma de los cuadrados de los residuos, entendiendo como tales la diferencia entre los caudales generados por el modelo y los aforados.

El periodo de calibración se consideró adecuado 1970-77.

Una vez estimados los parámetros de cada modelo se modificaron ligeramente de modo que se igualasen los volúmenes escurridos tanto en los observados como en los simulados.

Se utilizó la siguiente función objetivo:

$$e = \sum_{i \text{ meses}} \frac{Q_{sim_i} - Q_{obs_i}}{Q_{sim_i}} \sigma_o \quad (30)$$

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Régimen pluviométrico.

La cuenca del río Cali presenta una precipitación media interanual de 2062 mm sobre el área de aferencia de la estación Bocatoma (123 Km²). Este comportamiento refleja el carácter orográfico de la lluvia en la región.

La precipitación exhibe un patrón bimodal representado por una temporada de mayores lluvias en los meses de Marzo – Abril – Mayo y Septiembre – Octubre - Noviembre, y una temporada de menores lluvias en los meses de Junio - Julio - Agosto y Diciembre - Enero – Febrero.

En promedio, el mes más lluvioso es Abril con 251 mm y julio el mes más seco con 84 mm.

La variabilidad interanual de la precipitación es muy grande si se compara con otras variables meteorológicas (Humedad relativa, temperatura).

5.2 Régimen de evapotranspiración potencial.

La evapotranspiración potencial anual presenta un valor promedio de 1199 mm (Penman Modificado), y fluctúa entre 89mm y 111mm en los meses de diciembre y julio respectivamente.

En relación a la variabilidad interanual de la evapotranspiración potencial, puede esperarse que ésta sea menor con respecto a la de la precipitación, debido a que su fuente energética principal (la radiación solar) permanece prácticamente constante.

Como es lógico, la evapotranspiración potencial exhibe una tendencia anual opuesta a la precipitación, lo cual acentúa la escasez del recurso hídrico en los meses secos y produce excedentes en los meses húmedos.

5.3 Otras variables climatológicas

La zona presenta una temperatura anual promedio de 16 °C con oscilaciones medias mensuales entre 15.4°C y 16.3°C en Noviembre y Julio respectivamente.

La humedad promedio anual es del 91% con valores mínimos del 89% en Julio y máximos promedios del 93% en Noviembre.

La velocidad del viento anual es en promedio de 299 Km/d con oscilaciones promedias mínimas de 257 Km/d en Diciembre y máxima de 332 Km/d en Agosto.

5.4 Régimen de Caudal

Análogamente a la lluvia, el escurrimiento se distribuye bimodalmente a través del año aunque con cierto desfase temporal entre los meses que presentan los valores máximos de precipitación y caudal (1 mes aproximadamente). Igual sucede con los valores mínimos.

Esta inercia, evidencia la capacidad reguladora de la cuenca. El valor promedio máximo de caudal se alcanza en mayo y es de 3.36 m³/s, el mínimo promedio ocurre en Agosto con un valor de 1.52 m³/s. El valor medio interanual es de 2.39 m³/s.

Como es lógico en virtud a su mayor área de aferencia, en la estación de aforos de Bocatoma Río Cali, se presenta un mayor escurrimiento que en la estación Pichindé; aunque esta diferencia de caudal no guarda la misma proporción con la diferencia de la superficie aportante.

La tabla 9 presenta los resultados preliminares de la calibración de los modelos **Témez** y **ABCD**, en las cuencas de los ríos Cali y Pichindé. Se aplicaron 2 variantes en el método de cálculo de la precipitación media (polígonos de Thiessen e Isoyetas). Al observar el ajuste gráfico, se puede apreciar que el modelo **ABCD** y el método de las Isoyetas, presenta los mejores resultados para ambas cuencas, con sumas de error en la función objetivo (6.0 Cuenca de Río Cali, y 13.8 Cuenca del Río Pichindé).

Así mismo, la diferencia entre el volumen observado y el simulado en las cuencas de los ríos Cali y Pichindé (escorrentía total del periodo) es muy baja (7.3% y 27.2% respectivamente). Comparada con el método de Thiessen.

Esto indica que es recomendable, el método de las Isoyetas frente a Thiessen, ya que este último es una conceptualización matemática que no representa la realidad de la distribución espacial de lluvia.

Por otro lado, la precipitación en las cuencas está fuertemente influenciada por la topografía, incidiendo en su comportamiento, por lo que resulta lógico esperar que con este método se obtengan mejores resultados en la calibración.

Se trata de representar en la calibración del modelo, los picos de los meses de invierno, aunque es necesario tener en cuenta que durante los periodos extremos húmedos, no todos los fenómenos hidrológicos tienen la misma importancia. La mayor parte del hidrograma de una crecida esta generada por la escorrentía superficial, por lo que al modelar las crecidas, toma fuerza el análisis de producción y traslación de la escorrentía, despreciándose otros como el flujo base, evapotranspiración potencial, percolación, etc.

Los modelos de balance continuo como el **ABCD** y el **Témez**, tratan de presentar un ajuste ponderando tanto en los periodos secos como húmedos, simplificando el

proceso de las crecientes, como es la traslación hasta el punto de interés, que depende entre otros de la topografía, del sitio donde se generó la tormenta, etc.

Los modelos **ABCD** y **Témez**, por ser agregados, consideran que la lluvia es uniforme sobre la cuenca obteniendo su magnitud por ponderación aerea, y los parámetros de los diferentes submodelos son globales y permanecen constantes a lo largo de un episodio. Adicionalmente, la simulación se realiza dentro de cada intervalo de tiempo. todo esto ocasiona limitaciones a la hora de simular en intervalos de tiempo más cortos, como horas o días. Surgen como alternativas los modelos distribuidos, que involucran la variabilidad de los parámetros de los submodelos; y la simulación dentro de cada intervalo de tiempo es simultanea. Se debe anotar que existen modelos distribuidos propiamente dichos, en los que los procesos hidrológicos se simulan en cada celda, y los pseudodistribuidos, en los que la cuenca se divide en muchas pequeñas subáreas con precipitación y parámetros uniformes.

La tendencia actual se orienta a la modelación distribuida en perjuicio de la pseudodistribuida; aunque en ambas el numero de parámetros crece proporcionalmente a la subdivisión de la cuenca, la primera refleja mejor la variabilidad del proceso físico (siempre y cuando el modelo sea aplicable a la escala de la celda elegida), puesto que la modelación pseudodistribuida no deja de ser una modelación conceptual agregada aplicada en múltiples subáreas.

MODELO TEMEZ

CUENCA	METODO PRECIPITACION	ϕ (mm)	c	I max (mm)	α (dias-1)	S_0 (mm)	Q_0 (m ³ /s)	ERROR (m ³ /s)*	D (dias)	Vol. Cal. (10 ⁶ m ³)	Vol. Obs. (10 ⁶ m ³)	DIFERENCIA PORCENTUAL
RIO CALI	ISOYETAS	132.0	0.3	500.0	0.010	187.2	70.6	11.7	30.4	1088.8	1077.3	-1.1
	THIESSEN	15.8	0.4	500.0	0.014	85.7	75.3	10.0	30.4	1075.1	1077.3	0.2
RIO PICHINDÉ	ISOYETAS	80.7	0.3	500.0	0.016	187.2	70.6	11.8	30.4	553.0	640.5	13.7
	THIESSEN	25.0	0.3	400.0	0.020	36.7	78.8	13.4	30.4	456.8	640.5	28.7

MODELO ABCD

CUENCA	METODO PRECIPITACION	a	b (mm)	c	d (mes-1)	S_0 (mm)	Q_0 (mm)	ERROR (m ³ /s)*	Vol Cal (10 ⁶ m ³)	Vol. Obs. (10 ⁶ m ³)	DIFERENCIA PORCENTUAL
RIO CALI	ISOYETAS	1.0	570.0	0.4	0.010	435.0	10.0	37.8	2718.8	1077.3	-1.1
	THIESSEN	0.7	1197.9	0.4	0.014	572.9	565.7	7.0	1086.3	1077.3	-0.8
RIO PICHINDÉ	ISOYETAS	0.9	400.0	0.2	0.014	308.0	175.4	36.8	1528.1	640.5	3.2
	THIESSEN	0.7	388.7	0.9	1.000	218.5	99.6	10.7	531.5	640.5	17.0

Tabla 9. Resultado de la calibración de los modelos TEMEZ y ABCD para las cuencas de los Ríos Cali y Pichindé utilizando las metodologías de precipitación por los métodos de Thiessen e Isoyetas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los modelos de precipitación – caudal de **Témez** y **ABCD** constituyen una herramienta valiosa en la evaluación del recurso hídrico de la región, ya que puede emplearse para el completado y extensión de datos asociados a las series de registro existentes, como también para la generación de caudales en puntos no aforados.
- La calibración de parámetros de los modelos, condujo a una reproducción adecuada del funcionamiento observado del sistema y es compatible.
- El uso de los Sistemas de Información Geográfica permite un mejor acercamiento espacio-temporal en las respuestas del modelo; y la utilización de métodos numéricos permitiría obtener valores de los parámetros que minimicen los residuos o diferencias entre los valores observados y generados.
- Es conveniente visualizar gráficamente los resultados y efectuar un análisis de sensibilidad de los mismos con respecto a los parámetros.

7. CASO DE ESTUDIO DE UN MODELO LLUVIA ESCORRENTIA PARA LA PREVISION Y GESTION DE CRECIDAS DE EMBALSES. EXPERIENCIA ESPAÑOLA.

El Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y la Confederación Hidrográfica del Segura en el marco de un Convenio con la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas desarrollaron un modelo hidrológico y de gestión hidráulica para su utilización en el Sistema Automático de Información Hidrológica en la cuenca del río Segura. Este consta del modelo PLU (Procesador de Lluvias), que permite disponer de una representación espacial de la evolución temporal de una tormenta sobre una cuenca hidrográfica y de la estimación de los hietogramas de precipitación areal en aquellas subcuencas que se consideren de interés. Y del modelo CHEM (Crecidas en Embalses), que tiene como objetivo facilitar la toma de decisiones en la operación de desagüe de un embalse en situación de crecida.

El modelo se desarrolló aplicando los siguientes planteamientos:

- Utilidad inmediata de las aplicaciones informáticas, escalonando las posteriores mejoras mediante sucesivas versiones que incluyeran nuevas opciones.
- Difusión de los aspectos teóricos y prácticos de las aplicaciones informáticas desarrolladas, mediante la elaboración de manuales de uso y la realización de cursos de formación.
- Utilización de herramientas gráficas en el desarrollo de las aplicaciones informáticas que hicieran su empleo sencillo y amigable para el usuario.
- Uniformidad en cuanto a bases teóricas, hardware y software, con objeto de posibilitar la coordinación de futuros trabajos y la transferencia de la experiencia adquirida por los distintos usuarios en el análisis de episodios reales de crecidas.

La aplicabilidad de los modelos en el conjunto de los SAIH ha condicionado el diseño del software y la elección del hardware y del modo de funcionamiento. La enorme variedad de soluciones informáticas existentes en el mercado, reflejada en la consiguiente falta de uniformidad existente en los distintos SAIH, contrasta con la elevada compatibilidad conseguida en el entorno de los computadores personales (PC). Este hecho ha conducido a adoptar un software desarrollado en dicho entorno con la información almacenada en archivos ASCII.

La utilización en tiempo real en cada uno de los SAIH solo requiere la conexión del PC dedicado a la ejecución de las aplicaciones con el computador que gestiona los datos en tiempo real procedentes de los sensores, permitiendo la transferencia periódica de archivos ASCII con la evolución temporal del episodio.

ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información empleada por los modelos se organizó mediante directorios lo suficientemente flexibles, para aplicar en la generalidad de los casos, permitiendo al usuario definir los nombres asignados a los directorios básicos en los que se encuentran tanto los propios programas como los datos. Estos datos se almacenan en los siguientes tipos de archivos:

Archivo de episodio: almacena la información sobre la evolución temporal del episodio hidrológico. Está asociado al instante de la previsión y recoge los datos recibidos por los sensores de la red SAIE (Sistema Automático de Información de Embalses) en un cierto número de períodos de tiempo pasado: series temporales de lluvia en pluviómetros y niveles y caudales desaguados en embalses.

- Archivos vectoriales con la divisoria y red fluvial de la cuenca, así como las divisorias de las distintas subcuencas analizadas.
- Archivos de características hidrológicas de las distintas subcuencas vertientes a embalses donde se realizará la previsión hidrológica de crecidas.

- Archivos con las características de los embalses en los que desea estudiar la gestión óptima de desembalse.

7.1 MODELO PLU (PROCESADOR DE LLUVIAS)

OBJETIVOS

Permite disponer de una representación espacial de la evolución temporal de una tormenta sobre la cuenca hidrográfica y estimar los hietogramas de precipitación areal en una serie de subcuencas previamente seleccionadas.

Se inicia con la información captada por la red pluviométrica del SAIE y a partir de ella realiza una interpolación que permite generar gráficamente las isoyetas. El cálculo puede realizarse para diversos intervalos de tiempo, permitiendo conocer la evolución temporal de la tormenta en la cuenca, también calcula las precipitaciones areales en aquellas subcuencas cuyos límites se hayan definido previamente.

Se trabaja con el método del inverso al cuadrado

DATOS BÁSICOS

La aplicación requiere para su ejecución, básicamente, la siguiente información:

- Datos suministrados por la red pluviométrica SAIH correspondientes a determinado episodio, tales como el identificador de la estación, sus coordenadas, la secuencia temporal de precipitaciones, etc. Esta información constituye parte del archivo de episodio.
- Divisoria de la cuenca hidrográfica y de su red fluvial.

- Divisorias de las subcuencas seleccionadas para el cálculo de los hietogramas de precipitación areal.

FUNDAMENTOS

Interpolación de precipitaciones

Entre los diferentes métodos de interpolación existentes se ha seleccionado el inverso de la distancia elevado a un exponente, cuyos fundamentos se describen a continuación:

- Se asume que la precipitación en cualquier punto (x, y) interior de la cuenca sin estación de medida, se puede determinar a partir de los valores de precipitación en las n estaciones situadas en las cercanías de ese punto.
- La precipitación en el punto designado (x, y) es proporcional a la precipitación en las n estaciones de medida e inversamente proporcional a las distancias, elevadas a un exponente, entre el punto de cálculo y aquellas.
- Se admite limitar la búsqueda de pluviómetros a un círculo de radio determinado.

Cálculo de precipitaciones areales

La aplicación PLU, a partir de los resultados obtenidos en la fase de interpolación, realiza el cálculo de precipitaciones areales, para los intervalos de tiempo seleccionados, en aquellas subcuencas cuyos límites se hayan definido previamente. Para ello integra las mallas de precipitación correspondientes a esos intervalos y obtiene los hietogramas resultantes de cada subcuenca y los representa gráficamente.

Interpoladores utilizables desde la aplicación

La aplicación dispone de la posibilidad de utilizar algunos de los módulos del paquete de programas SURFER, pero además se incluye un interpolador propio, basado en la

técnica de la inversa de la distancia elevada a un exponente, con las siguientes características:

- Permite la introducción de cualquier exponente mayor que uno.
- Admite como variable el número máximo de pluviómetros a usar en la interpolación.
- Se marca un radio de búsqueda de pluviómetros para cada celda. Esto se toma como condición restrictiva de forma que se opera calculando en función de los pluviómetros interiores más próximos sin superar en número el valor al que se refiere el punto anterior. En el caso de no encontrarse para una determinada celda ningún pluviómetro dentro del círculo de dicho radio, se le asigna la precipitación en el pluviómetro más cercano, con lo que queda solventada la limitación de SURFER a este respecto.
- Se crea una máscara de cálculo de forma que no calcula en celdas exteriores a la cuenca, asignando a las celdas exteriores el valor nulo, aunque si utiliza pluviómetros exteriores a esta poligonal cerrada, con lo que se salva otra de las limitaciones del empleo de SURFER. Esto proporciona tiempos de ejecución más breves y mejoras en la visualización de resultados.

Funcionamiento en modo incremental

Cada vez que se elige la opción de arrancar con nuevos datos, la aplicación comprueba si los nuevos datos aportados incluyen los utilizados en los cálculos anteriores, en cuyo caso se ofrece la opción de no recalcular, con lo que solo se realizan cálculos con los nuevos datos aportados. Este modo de cálculo incremental es especialmente útil cuando se usa la aplicación en tiempo real.

USO Y RESULTADOS DE LA APLICACIÓN

El uso de la aplicación es totalmente interactivo y se ha simplificado al máximo con objeto de que pueda ser llevado a cabo por personal no habituado al trabajo con ordenadores. Basta con ir seleccionando opciones, pulsando teclas, dentro de unas posibilidades que la misma aplicación ofrece, por lo que el usuario no necesita memorizar comandos ni instrucciones concretas para manejar la aplicación.

La aplicación PLU proporciona salidas de resultados gráficas y numéricas.

7.2 MODELO CREM PARA LA PREVISIÓN Y GESTIÓN DE CRECIDAS EN EMBALSES

OBJETIVOS

El principal objetivo del modelo CREM es facilitar la toma de decisiones en la operación de los órganos de desagüe de un embalse en situación de crecida. Puede operar indistintamente en conexión con el sistema de adquisición de datos en tiempo real o mediante la introducción manual de los datos recibidos del operador que se encuentra en el embalse.

Las fases de su utilización son: previsión de caudales entrantes al embalse y búsqueda de la gestión óptima de los órganos de desagüe. La fase de previsión puede a su vez subdividirse en dos: la de análisis del episodio pasado y la del cálculo de caudales futuros.

DATOS BÁSICOS

El modelo utiliza los datos de evolución del embalse y el hietograma de precipitación areal estimado en la cuenca vertiente al embalse. Con esta información se realiza una previsión del caudal de entrada al embalse por métodos hidrológicos, que requieren el conocimiento del hidrograma unitario característico de la cuenca. Una vez determinadas las futuras entradas al embalse, y teniendo en cuenta su batimetría y sus capacidades de desagüe, el modelo obtiene la operación óptima de las estructuras de desagüe a lo largo del horizonte de previsión.

La información que el modelo requiere para su ejecución es la siguiente:

- Evolución temporal de la crecida en el embalse en cuanto a niveles de agua y caudales desaguados que hayan sido registrados por la red de sensores.
- Características del embalse, que comprenden, para cada cota de embalse, el volumen embalsado y el rango posible de sus vertidos por los órganos de desagüe, especificado por el caudal mínimo y máximo. También incluye el desembalse

máximo objetivo, el nivel de embalse marino objetivo y el volumen objetivo al final de la crecida que son utilizados en el proceso de optimización.

- Características hidrológicas de la cuenca vertiente al embalse, que incluyen su superficie y su hidrograma unitario.
- En el caso de disponer de la estimación del hietograma de precipitación areal esta información podrá ser utilizada en la previsión hidrológica. El hietograma se supone obtenido a través del modelo PLU:

FUNDAMENTOS

Esquema de la previsión.

La previsión hidrológica de caudales que realiza el modelo CREM se desarrolla en las siguientes etapas (Ver figura 10):

- a) Estimación del hietograma neto sobre la cuenca, anterior al tiempo en el que se está realizando la previsión (t_0).
- b) Realización de hipótesis sobre las lluvias netas futuras y por tanto posteriores al tiempo actual (t_e).
- c) Aplicación del método del hidrograma unitario para obtener el hidrograma resultantes del hietograma neto obtenido en a) y b).
- d) Reajuste del hidrograma resultante a la vista del hidrograma de entrada al embalse realmente observado.

Si se desean previsiones a largo plazo, las lluvias futuras consideradas en la fase b) tendrán una gran incidencia, lo que no sucederá en una previsión a corto plazo en la que es predominante la inercia de la cuenca y por tanto las lluvias pasadas estimadas en la fase a).

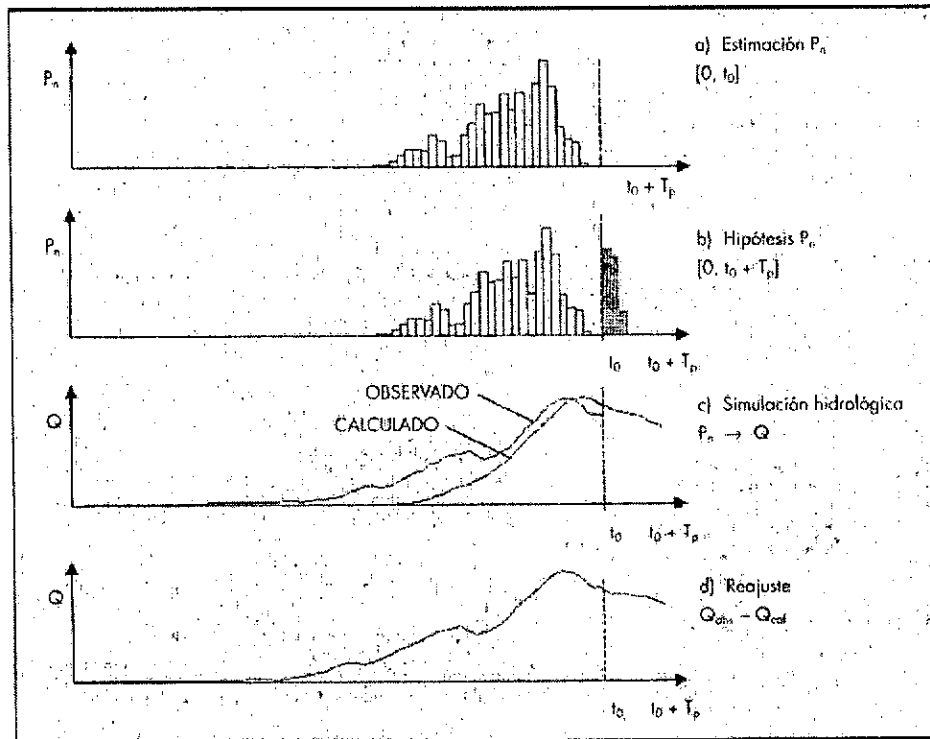


Figura 10. Etapas de la previsión Hidrológica.

El horizonte de previsión adoptado en la aplicación CREM coincide con la duración de la fase creciente del hidrograma unitario considerado o, empleando la nomenclatura habitual, su tiempo de punta.

Los caudales obtenidos estarán poco afectados por la lluvia futura adoptada en la fase b) y la sencilla hipótesis de lluvia nula conduce a resultados aceptables, aunque generalmente del lado de la inseguridad. El reajuste del hidrograma realizado en d) evita la discontinuidad existente en el tiempo, entre el caudal observado y el calculado en la fase c) y consigue una suave transición a partir de ese instante.

Estimación del hietograma neto anterior al tiempo de previsión

Se describen a continuación, de forma muy breve, los métodos disponibles en el modelo para realizar la estimación de la lluvia neta anterior al instante t_0 : directo, inverso, mixto y opción de usuario.

Método directo. Es el método habitual que emplea la simulación hidrológica lluvia-escorrentía en la forma tradicional, obteniendo el parámetro umbral de escorrentía (Soil

Conservation Service, 1972) mediante calibración automática. Esta calibración emplea una función objetivo que busca un buen acuerdo en valor absoluto entre caudales observados y calculados, siendo conocidos el hietograma areal y el hidrograma unitario de la cuenca.

Método inverso. En el método directo, la lluvia neta, considerada como aquella parte de la lluvia que provoca escorrentía superficial, se suele obtener mediante una determinada ley de pérdidas a partir de la lluvia total. No obstante, dado que es un concepto que no admite medida real, también pueden obtenerse por deconvolución aquellas lluvias que deberían producirse para que, aplicando el método del hidrograma unitario, se obtenga el hidrograma realmente observado.

Método mixto. El análisis de los resultados obtenidos con el método inverso anteriormente expuesto muestran una cierta inestabilidad en la estimación de la lluvia neta en el periodo inmediatamente anterior al tiempo de inicio de la previsión t_0 . Por este motivo, en el método mismo sólo se utilizan las lluvias netas obtenidas por deconvolución en instantes anteriores al tiempo $t_0 - T_p$, empleándose para tiempos posteriores unos valores estimados por el método directo.

Opción de Usuario. Por último, en aquellos casos en que las lluvias netas obtenidas por las tres opciones anteriores no consigan una adecuada reproducción del hidrograma observado, el modelo dispone de la opción de usuario. En este caso, es el propio usuario el que puede modificar manualmente el hietograma neto pasado, permitiendo visualizar conjuntamente el hidrograma resultante de la hipótesis adoptada.

LIMITACIONES DEL MODELO

Proviene de las hipótesis asumidas en la metodología adoptada en la simulación hidrológica lluvia-escorrentía y en la formulación de la función objetivo. En particular, se asumen las siguientes hipótesis:

- Considera que la cuenca es unitaria, planteando limitaciones en el caso de importantes heterogeneidades espaciales en las características de escorrentía o en la distribución espacial de la lluvia.
- Aplicabilidad del método del hidrograma unitario, limitando el tamaño de la cuenca hasta unos 2000-2500 km² (Viesnman, 1989)
- Escasa importancia del flujo base de origen subterráneo en el desarrollo de la crecida, reduciendo la aplicabilidad en crecidas de pequeña magnitud y ríos con importante acuífero.
- Utilización del algoritmo simplex de Nelder y Mead en la resolución del problema de optimización, procedimiento que no garantiza que el óptimo local obtenido sea, a su vez, un óptimo global.

USO Y RESULTADOS DE LA APLICACIÓN

Del mismo modo que la aplicación PLU, CREM ha sido concebida de modo que su utilización sea fácil y cómoda para el usuario.

En la fase de análisis del episodio, el usuario puede elegir el modelo de simulación que considere se ajusta mejor a la realidad, aprovechando las posibilidades de autocalibración o, prescindiendo de esta especificando los parámetros de escorrentía que estime acertados.

Ofrece la posibilidad de realizar cuantas hipótesis de lluvia futura considere oportunas, definiendo éstas de forma interactiva, visualizando simultáneamente lluvias y caudales calculados.

Todos los resultados se presentan en forma gráfica con los valores numéricos mas representativos.

8. TENDENCIAS EN LA UTILIZACIÓN DE LOS SIG PARA LA MODELIZACION HIDROLÓGICA

La progresiva introducción de los SIG en los diferentes campos de la ciencia ofrece la oportunidad de realizar un salto cualitativo en la resolución de problemas complejos, que involucran gran número de variables. Tal es el caso de la modelación hidrológica, donde los problemas tienen carácter espacial. Lo más característico de un SIG, es su capacidad de análisis espacial, de generar nueva información a partir de un conjunto previo de datos mediante su manipulación y reelaboración.

La mayor parte de la información hidrológica tiene un carácter espacial o está georeferenciada a un sistema de coordenadas. La adquisición de datos puede hacerse desde fotografías aéreas, imágenes de satélite o desde mapas ya existentes mediante digitalización. Esta información es cada vez más accesible en soporte digital y con referencia geográfica. Una técnica que en los últimos años se está utilizando con mayor frecuencia para adquirir datos hidrológicos es la teledetección, ya que permite obtener imágenes que pueden ser capturadas fácilmente por un SIG mediante módulos matriciales (ráster). Las imágenes por teledetección, no permiten obtener directamente, los caudales que circulan por los ríos. Sin embargo, la información que suministran permite su cálculo, mediante la relación de ciertos parámetros hidrológicos con las características físicas de la cuencas, para así proceder a la modelación hidrológica.

La clasificación de usos de suelo a partir de las categorías espectrales obtenidas por teledetección es un instrumento muy extendido y aplicado, y tiene estrecha relación con los parámetros de los modelos hidrológicos. Puede que una zona posea información de los usos de suelo en un año de referencia, pero si se quisiera saber cuales han sido los cambios en el uso del suelo, y por tanto de los parámetros hidrológicos en el período de simulación, la teledetección ofrecería en muchos casos el único instrumento operativo y de bajo costo para obtener tal información.

El almacenamiento de información en un SIG puede hacerse utilizando un modelo de datos vectorial o uno ráster. En el modelo de datos vectorial las relaciones topológicas entre las entidades geográficas están explícitamente definidas mediante el empleo de la topología y sus características descriptivas están caracterizadas por los datos alfanuméricos. En el modelo de datos matricial o ráster, las categorías y atributos correspondientes a una capa de información (modelo digital del terreno, ríos, cuencas, usos de suelo, geología, etc.) se almacenan en una matriz en la que cada elemento de la misma representa una porción del terreno. Las relaciones topológicas entre las entidades geográficas están implícitamente definidas por la disposición de las celdas en la matriz.

Cada uno de estos dos tipos de modelos de datos tiene sus ventajas e inconvenientes. Los modelos de datos ráster presentan como gran inconveniente que necesitan almacenar información en cada una de las celdas en las que se discretiza el área de estudio y puede ocurrir que gran parte de esa información no sea de interés. Por ejemplo, si tan sólo se desea representar los ríos de una región, habrá gran cantidad de celdas que no serán atravesadas por ningún río y que, sin embargo, contendrán la categoría nula y el atributo asociado "no río". Es por ello que el modelo de datos vectorial suele ser más adecuado para el almacenamiento y gestión de grandes bases de datos, mientras que el matricial ofrece mejores posibilidades para el análisis matemático de los datos, sobre todo aquellos que cambian continuamente en el espacio (Estrela, 1994).

Los SIG son una herramienta muy valiosa para la gestión de información hidrológica; a este respecto, cabe destacar como los distintos SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) de las Confederaciones Hidrográficas en España están estudiando la viabilidad en la implantación de SIG con el objeto de visualizar, combinar, analizar, etc., la información disponible sobre la cuenca (ríos, infraestructuras, estaciones de medida, etc.) y los datos hidrometeorológicos recibidos durante un episodio.

Uno de los mapas básicos en los estudios hidrológicos es el Modelo de Elevación Digital (MED), es decir, el mapa ráster que posee como categorías asociadas la altura del terreno correspondiente a cada celda. La mayoría de los SIG tienen capacidad para obtener, a partir del MED y de forma sencilla, el mapa de pendientes, el cual tiene gran utilidad en los estudios hidrológicos. También es posible obtener la red de drenaje de una cuenca mediante comandos propios de los SIG. Este mapa posee como categorías asociadas en cada celda el número de celdas que drenan a ella. A partir del MED es factible trazar automáticamente la divisoria de las cuencas hidrológicas y obtener sus datos físicos de interés: superficie, pendiente, altura media, etc.

Otro ejemplo de información derivada del MED, no tan elemental, consiste en obtener el hidrograma unitario de la cuenca a partir de las isocronas (Maidment, 1993). Francés (1994) obtiene un hidrograma unitario de la cuenca del alto Palancia siguiendo el proceso descrito por Maidment (1993) y proponiendo un mapa de velocidades donde estas son proporcionales en cada celda a la raíz cuadrada de su pendiente y a un parámetro K constante que se puede calibrar teniendo en cuenta el tiempo de concentración de la cuenca.

En la mayoría de los estudios hidrológicos se utilizan un gran número de variables medidas en puntos diseminados por el territorio. Con ayuda de algunos comandos que disponen los módulos ráster de un SIG es posible realizar interpolaciones en todas las celdas del mallado y obtener, consecuentemente, un mapa que muestre la distribución espacial de la variable considerada. Salas y Chuvieco (1993) presentan algunos métodos para interpolar y extrapolar variables climáticas a partir de la información disponible en un SIG, incluyendo ejemplos de cálculo de radiación, precipitación, temperatura y humedad relativa. Ferrer y Ardiles (1994) realizan una modelación estadística a escala nacional con el objetivo de estimar los cuantiles de las precipitaciones máximas diarias. En este estudio adoptan un enfoque de "índice de avenida" en el que los cuantiles son el resultado de reescalar una ley regional mediante la media de cada serie de valores, que es empleada como factor local de escala. Utilizan el SIG IDRJSI para desarrollar la aplicación GISPLU (CEDEX, 1994a) con la

cual es posible visualizar las imágenes resultantes de la media, coeficiente de variación y los cuantiles correspondientes a diferentes periodos de retorno, consultar sus valores en los puntos deseados o hacer zooms de zonas concretas. También se han generado mapas a escala nacional con el SIG ARCINFO (CEDEX, 1995) que incluyen además de aquellos datos, otras capas de información como son la red de carreteras, la red hidrográfica, los núcleos de poblaciones etc.

Los parámetros de muchos modelos utilizados en estudios hidrológicos son función de otras capas de información. En función de los mapas existentes de cada una de estas capas, y con ayuda de los SIG se puede obtener el valor de los parámetros en cada celda del terreno. Un ejemplo de utilización de los SIG en la regionalización de parámetros lo constituye el cálculo de los números de curva (McCuen, 1982), parámetro de referencia utilizado en modelos hidrológicos, en concreto para el estudio de crecidas. El modelo del número de curva del Soil Conservation Service (SCS) de los EEUU está basado en un número que cuantifica el efecto del uso y tipo de suelo en el proceso de generación de escorrentía a partir de la lluvia. La combinación de esas capas de información según las tablas del SCS puede proporcionarnos la capa buscada de números de curva (CEDEX, 1994b). Ferrer y otros (1995) desarrollan un modulo con los comandos del SIG GRASS (U.S. Army Corps, 1991) para estimar el número de curva a escala regional a partir del MED y de información temática sobre usos de suelo (mapas de cultivos y aprovechamiento del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) y tipos de suelo. Este módulo incluye distintas tablas de equivalencia entre los citados mapas y una variante de las tablas del SCS. La metodología propuesta la aplican en la cuenca del río Guadiana, utilizando una resolución espacial correspondiente a un tamaño de celda de 2 km x 2 km.

Una de las facetas clásicas de la hidrología consiste en la simulación hidrológica e hidráulica mediante modelos matemáticos. A pesar de que según Maidment (1993) los SIG podrían no ser, en principio, un instrumento adecuado para la modelación matemática, ya que no se prestan con facilidad a estudios dinámicos al no haber representación explícita de la variable tiempo en las estructuras de los datos, también

es cierto, que cuando los modelos no son excesivamente complicados, pueden desarrollar tal cometido. En su estado actual de desarrollo será en cambio muy difícil resolver con ellos las ecuaciones diferenciales que gobiernan, por ejemplo, los problemas de movimiento de los flujos de agua en la cuenca usando las funciones propias de los SIG (Estrela, 1994).

Surgen, por tanto, dos posibles alternativas (Fig. 6) para utilizar conjuntamente los modelos de simulación hidrológica y los SIG (Stuart y otros, 1993). Una primera forma sería utilizar el SIG únicamente para regionalizar o agregar las variables y parámetros y utilizar sus resultados como entradas del modelo hidrológico (Baskar y otros, 1992; Chairat y otros, 1993). Una segunda forma de abordar el problema consistiría en aplicar las ecuaciones del modelo en cada celda mediante funciones propias del SIG, de tal manera que las operaciones se planteen entre capas de información asociadas a entidades geográficas (Romanowicz y otros, 1993).

En la primera alternativa, el modelo teórico distribuido más conocido hoy en día es el Sistema Hidrológico Europeo (SHE), un proyecto abordado en su inicio por la Comunidad Europea a través del Instituto de Hidrología británico, el SOGREAH de Francia y el Instituto de Hidráulica de Dinamarca (DHJ), en el que se ha simulado el funcionamiento hidrológico de la cuenca resolviendo numéricamente las ecuaciones diferenciales de flujo y de conservación de masa de los procesos que constituyen el ciclo hidrológico (DHI, 1985). La cuenca se ha discretizado en un mallado y se han resuelto las ecuaciones en cada una de las celdas definidas. En los últimos años, el DHI ha implementado una versión del SHE al que le ha acoplado un SIG de desarrollo propio. A este modelo integrado le denomina MIKE-SHE.

También en esa misma línea, cabe destacar, por ejemplo la conexión de diferentes modelos hidráulicos y los SIG. A partir del conocimiento de los niveles de agua simulados por un modelo hidráulico y del MED se puede crear fácilmente un mapa que muestre la extensión del área inundada y los niveles que en ella tienen lugar, tanto en una situación histórica como en una hipotética producto de una simulación.

Un modelo muy extendido para el estudio de flujos unidimensionales en régimen estacionario es el HEC-2 (Hydrologic Engineering Center, 1982). El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU, a través del consulting "Mother Earth System", especializado en SIG ha desarrollado la conexión de este modelo con el SJG matricial GRASS, generando una serie de comandos o utilidades integrados en GRASS y que se denominan F-Tools (Hydrologic Engineering Center, 1991). Estos programas proporcionan herramientas espaciales interactivas que permiten a los gestores de las llanuras de inundación evaluar los efectos de las inundaciones sobre estas. Las tareas que realizan son, entre otras, las siguientes: 1) generación de mapas donde se refleja la extensión y calados de la inundación para caudales de distintos periodos de retorno, 2) análisis económico de daños, 3) distintas utilidades, como son el cálculo de curvas área-capacidad para las zonas de interés o la generación del fichero de secciones hidráulicas que precisa el modelo HEC-2, etc.

Otro ejemplo de modelo hidráulico que se ha conectado externamente a un SIG lo constituye el modelo GISPLANA (Estrela y Quintas, 1994). El objeto de este modelo es la simulación de flujos bidimensionales en régimen transitorio (niveles y caudales) sobre los cauces y márgenes de inundación en zonas llanas, pudiendo existir cualquier tipo de conexión hidráulica entre las celdas en las que se discretiza la llanura. Esta se concibe como una agregación de celdas o bolsas interconectadas por canales de circulación hidráulica. La determinación de las celdas no es arbitraria y está basada en límites naturales o artificiales tales como diques, carreteras, líneas de ferrocarril, muros o cualquier otro obstáculo. Con este modelo se estudiaron las inundaciones de 1982 y 1987 en la Ribera del Júcar (CEDEX, 1988a y CEDEX, 1988b, respectivamente).

También existen otras aplicaciones en línea con la segunda alternativa, donde el modelo matemático se ha desarrollado combinando y operando las capas de información a través de los comandos propios del SIG. Una aplicación sencilla es el desarrollo bajo un SIC del conocido método racional, donde el caudal máximo de una cuenca es función del coeficiente de escorrentía, la intensidad de la lluvia para una

duración del chubasco igual al tiempo de concentración de la cuenca y de la superficie de ésta.

Cabe citar también otras aplicaciones más complejas integradas directamente en un SIG como son, por ejemplo, el modelo TOPMODEL (Beven y Moore, 1992) o el modelo ANSWERS. El modelo TOPMODEL utiliza el principio de la superficie contribuyente variable, que dice que el área que aporta flujo sobre el terreno es aquella en la que el nivel freático llega hasta la superficie. Trabaja con los valores de la conductividad saturada del terreno y con índices que son función de la topografía. El modelo ANSWERS ha sido desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EEUU para simular el comportamiento de cuencas pequeñas agrícolas frente a una tormenta, incluyendo la simulación de los procesos de transporte sólido en la cuenca. El SIG GRASS, por ejemplo, incorpora el modelo ANSWERS como comando.

Otros ejemplos de desarrollos íntegros de modelos con los comandos que proporciona un SIG lo constituye SIMPA (Estrela y Quintas, 1996). Es un sistema integrado desarrollado en el CEDEX para el análisis y gestión espacio-temporal de variables hidrometeorológicas. el cual permite también generar información hidrológica en sitios donde no existen estaciones de medida. Se ha diseñado de forma que fuese operativo para el tratamiento integrado de grandes cuencas hidrográficas. Los modelos existentes que realizan funciones similares se han utilizado preferentemente en cuencas con extensiones reducidas y en muchos casos de carácter experimental. Es un sistema de tipo distribuido, donde las variables y parámetros hidrológicos pueden analizarse con la variabilidad espacial que presentan en la naturaleza. Para ello el medio físico es discretizado en celdas rectangulares con el tamaño deseado. A efectos de facilitar las operaciones espaciales, SIMPA integra el SIG GRASS. El módulo de simulación de caudales utiliza, por ejemplo, este SIG para operar con las capas de información hidrometeorológica directamente, obteniendo mapas de resultados que muestran la variación de los principales flujos y almacenamientos en la cuenca.

8.1 IMPORTANCIA DE APLICAR SIG EN LA MODELACION HIDROLOGICA.

La utilización de sistemas de Información Hidrológica, que integren bases de datos alfanuméricas, SIG y modelos de simulación hidrológica va a experimentar, seguramente, un fuerte avance en los próximos años. Varias son las causas que sin duda, acelerarán este proceso.

1. Mejora en las características técnicas de los computadores
2. Disponibilidad de gran número de datos en soporte digital y con referencia geográfica relacionados con la hidrología: modelos digitales de terreno, usos de suelo, infraestructuras hidráulicas, etc.
3. Necesidad de obtener una simulación del ciclo hidrológico más precisa y con la intervención de parámetros más representativos del medio físico.
4. Necesidad de estudiar las alteraciones que se producen en el ciclo hidrológico como consecuencia de las intervenciones humanas sobre las características naturales de la cuenca.
5. Necesidad de disponer de apoyo a las decisiones que permita gestionar óptimamente los recursos hídricos de una cuenca en conjunción con los usos económicos y ambientales del agua (Bogardi y otros, 1993; Furst y otros, 1993).
6. precisos con la como consecuencia de las intervenciones humanas sobre las características naturales de la cuenca..

REFERENCIAS

ALDANA, A. L.; F. ESTRADA; R. ESPINOSA y A. MERCHAN (1996), "Previsión y gestión de crecidas en embalses en tiempo real: experiencia de aplicación del modelo CREM en la red HIDROSUR", en *Comportamiento y seguridad de las presas existentes. Riesgos aceptables*, V Jornadas españolas de Presas, Valencia, 23 al 25 de abril de 1996, Comité Nacional Español de Grandes Preses, Valencia.

ALLEY, W.M. (1984). On the Treatment of Evapotranspiration, Soil Moisture Accounting and Aquifer. Recharge in Monthly Water Balance Models'. *Water Resources Research*. Vol 20. No. 8. Pages 1137- 1149. August 1984.

ARONOFF, 5. 1989. Geographic Information Systems: a management perspective, WDL Publications, 294 p.

AROZARENA, A. y HERRERO, M., 1994. El programa Co-nne. Proyecto LAND COVER. Una metodología aplicada a las Islas Canarias. Jornadas Técnicas sobre Sistemas de Información Geográfica y Teledetección Espacial aplicados a la ordenación del Territorio y el Medio Ambiente. Vitoria-Gasteiz, España. 21 a 24 Noviembre de 1994.

BASKAR, N. R.; JAMES, W. P and DEVULAPALLI, R. 5. 1992. Hydrologic parameter estimation using GIS. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 118, NoS, Sept/Oct. 1992.

BEVEN, K. J.; MOORE, 1. D. 1992. Terrain analysis and distributed modelling in hydrology. *Advances in hydrological Processes*. Wiley.

BOGARDJ, J. J.; KESER, G. 1993. National water resources management planning based on GIS. International Conference on application of GIS in hydrology and water resource management.

BOSQUE, J., 1992. Sistemas de Información Geográfica. Ediciones RIALP SA., Madrid. España. Viena 1993.

CABEZAS, E (1992), Explotación óptima de embalses en colmatación de crecida (no publicado).

CARRERA, J. (1985). “La informática aplicada a la contaminación de las aguas”. Aguas Subterráneas. Conferencia sobre Hidrología General y Aplicada. 3ª PONENCIA. Salón Internacional del Agua - SMAGUA/85 - ZARAGOZA. España.

CARVAJAL, Y. (1995). Estudio Probabilístico de Precipitación y Caudal en la Cuenca Hidrográfica del Río Cali. Tesis de Grado. Universidad Nacional. Magíster en Suelos y Aguas. Colombia.

CARVAJAL, Y. JIMÉNEZ, H. (1997). Vulnerabilidad de las cuencas hidrográficas de Cali. Aspectos hidrometeorológicos.

CARVAJAL, Y. MATERON, H. JIMÉNEZ, H. (1997). Propuesta técnico económica determinación de áreas estratégicas en la cuenca del río Cali para optimizar el manejo de los recursos naturales. Universidad del valle. Grupo hidrología, riegos y drenajes.

CEDEX, 1988a. “Estudio en modelo matemático de las inundaciones de Octubre de 1982 en la Plana del Júcar”. Informe final. Convenio CEDEX y D.G.O.H. Octubre 1988.

CEDEX, 1988b. “Estudio hidrológico e hidráulico de la crecida de Noviembre de 1987 en la Ribera del Júcar. Informe final. Convenio CEDEX-D.G.C.. Diciembre 1988.

CEDEX, 1994a. Estudio de las máximas precipitaciones diarias en la España peninsular Presentación de resultados.

CEDEX, 1994b. Utilización de modelos de simulación continua en el entorno de los Sistemas de Información Geográfica y su aplicación en cuencas experimentales. Informe Parcial n~ 2. Los Sistemas de Información Geográfica y su aplicación a la evaluación de recursos hídricos. Madrid, Enero 1994.

CEDEX, 1995. Guía práctica de trabajo para la estimación de cuantiles de lluvias máximas diarias en la España peninsular Abril 1995

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas y Confederación Hidrográfica del Segura (1996a), *PLU Versión 1.1. Procesador de lluvias. Manual del usuario*, Madrid.

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas y Confederación Hidrográfica del Segura (1996b), *CREM versión 1.1. Crecidas en embalses. Manual del usuario*, Madrid. CHOW, y T.~ D. II. MAIDMENI y L. W. MAYS (1988), *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York.

CHAIRAT, 5. and DELLEUR, J. W. 1993. Integrating a phisically based hydrological model with GRASS. International Conference on application of GIS in hydrology and water resource management. Viena 1993.

COMAS, D. y E. RUIZ., 1993. Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica. Editorial Ariel SA. Barcelona, España.

Comisión de las Comunidades Europeas, 1992. CORINE land cover. A European Community project presented in the framework of the International Space Year. DGXI. March 1992. 22 pages.

COWEN, D. J. 1988. GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences?.

Photogrammetric Engineering and re-mote sensing. Vol 54. num 11, pp 1551-1555.

DHI. 1985. Introduction to the SHE. Danish Hydraulic Institute.

ESTRELA, T., 1994. Los SIG en Hidrología. Curso sobre utilización de los Sistemas de Información Geográfica en Hidrología. CEDEX. Madrid 1994.

ESTRELA, T. y QUINTAS, L., 1994. Use of a GIS in the modelling of flows on floodplains. 2nd International Conference on River Flood Hydraulics. Edited by W.R. White and Jacqueline Wats. FR. Wallingford. Wiley Wats Eds. Pages 177-190. England.

ESTRELA, T. y QUINTAS, L., 1996. A distributed hydrological model for water resources assessment in large basins. Proceedings of 1st International Conference on Rivertech 96. Chicago. USA. September 1996.

FERRER, E. J. y ARDILES, L., 1994. Análisis estadístico de las series anuales de máximas lluvias diarias en España. Ingeniería Civil 1994 (95) pp. 87-100.

FERRER, J. y E ESTRADA (1995), "Proyecto de modelación hidrológica y de la gestión hidráulica en el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH)", en *Jornadas sobre el SAI» en la gestión hídrica*, Zaragoza, 3 al 7 de Abril de 1995, Dirección General de Obras Hidráulicas y Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Zaragoza.

FERRER, M.; RODRIGUEZ, J. y ESTRELA, T., 1995. Generación automática del número de curva con Sistemas de Información Geográfica. Ingeniería del Agua. Diciembre de 1995.

FONTAINE, T. A. Rainfall - Runoff Model Accuracy for an Extreme Flood. Journal of Hydraulic Engineering. Volumen 121, Número 4, Abril, 1995. pp 365-373.

FRANCÉS, F., 1994. Uso de los SIG en la generación de hidrogramas de avenida. Curso sobre utilización de los Sistemas de Información Geográfica en Hidrología. CEDEX. Madrid 1994.

FURST, J.; GIRSTMAIR, G.; NACHTNEBEL, H. E 1993. Application of GIS in Decision Support Systems for groundwater management. International Conference on application of GIS in hydrology and water resource management. Viena 1993.

GREENE, R. G., CRUISE, J. F. Urban Watershed Modeling Using Geographic Information System. Journal of Water Resources Planning and Management. Volumen 121, Número 4, Julio/Agosto, 1995. pp 318-325.

GRUPO HIDROLOGÍA, RIEGOS Y DRENAJES. (1998). Determinación de modelos de predicción de lluvia y caudal en el municipio de Santiago de Cali utilizando variables macro climáticas asociadas al ENOS. Propuesta técnica. Universidad del valle.

Hydrologic Engineering Center, USA., 1982. "HEC-2 Surface Profiles. Users Manual". September 1982.

Hydrologic Engineering Center, 1991. "F-Tools. Floodplain Analysis Tools. User Documentation. Version 1.7". May 1992

INFORME CVC NO. 85-2 (GONZÁLEZ, 1984), "Distribución mensual y anual de la precipitación en las cuencas hidrográficas del Alto Cauca, Anchicayá, Dagua y Calima", obtenida a partir del procesamiento de datos de 294 estaciones de la CVC, del HIMAT, de CENICAFÉ y de CENICANA.

JAKEMAN, A. J., HORNBERGER, G.M., How much complexity is warranted in a rainfall-Runoff model?. Water Resour. Res. , 29, 2637-2649, 1993.

MAIDMENT, DR. 1993. Developing a spatially distributed unit hydrograph by using GIS. Hydrologist: Application of GIS in Hydrology and Water Resources Management. Proceed. Vienna Conference. April 1993, IAHS Publ 211 pp 181-192.

MCCUEN, R. 1-1. (1982). A guide to Hydrological Analysis Using SCS methods. Soil Conservation Service (SCS). Prentice-Hall, mc, Englewood Cliffs, New Jersey 07632 USA.

MONTOYA, A. (1995). Sistematización y Actualización del Balance de Producción Hídrica de la Cuenca Hidrográfica del Río Cali. Trabajo de Grado. Universidad Nacional – Universidad del Valle. Ingeniería Agrícola. Colombia.

MOREIRA, J. M., 1994. Nuevas tecnologías en el análisis y gestión del medio natural: El Sistema de Información Ambiental de Andalucía. SINAMBA. Jornadas Técnicas sobre Sistemas de Información Geográfica y Teledetección Espacial aplicados a la ordenación del Territorio y el Medio Ambiente. Vitoria-Gasteiz, España. 21 a 24 Noviembre de 1994.

O.S.S.O (1996). Plan para la Mitigación de Riesgos en Cali. Alcaldía de Cali. Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres.

PALMER, W.C. (1965) "Meteorologic drought". Res Pap. U.S. Weather Bur., 45,58 pp., 1965.

ROMANOWICZ, R.; BEVEN, K.; FREER, 4. 1993. TOPMODEL as an application module within WIS. International Conference on application of GIS in hydrology and water resource management. Viena 1993.

SALAS, 4. y E. CHUVIECO, 1993. Modelización de variables microclimáticas a partir de un Sistema de Información Geográfica. 2 Congreso Asociación Española de

Sistemas de Información Geográfica (AESIG). Los Sistemas de Información Geográfica en el umbral del siglo XXI. Madrid, 2-4 Junio. España, 1993

SCHALLER, J. 1990. Environment and GIS. Management of a National Park MAB-Project 6 Ecosystem Research. Berchtesgaden. GIS Conference, Paris 1990.

SINGH, y. P. (1988). Hydrologic Systems. Volume 1. Rainfall - Runoff Modeling. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632

Soil Conservation Service (1972), *National Engineering Handbook*, section 4, LIS. Department of Agriculture, Washington D.C. **VETERLING, Y T.; 5. A. TEUKOLSKY; W. H. PRESS y E. P. FLANNERY (1988),** *Numerical Recipes. The Art of Scientific Computing*, Cambridge University Press.

SOROOSHIAN, S. (1983). Surface Water Hydrology: On Line Estimation. Reviews of Geophysics and Space Physics, Vol - 21, NO.3, Pages 706-721, April 1.983. National Report to International Union of Geodesy and Geophysics 1.979-1982.

STUART, N. and STOCKS, C. 1993. Hydrological modelling within GIS: an integrated approach. International Conference on application of GIS in hydrology and water resource management. Vienna 1993.

TEMEZ, J.R. (1977) 'Modelo matemático de transformación-Aportación'. Asinel 1997.

TIRMARSH, G. W., CORDERY, I., PILGRIM, D. H. Calibration Procedures for Rational and USSCS Design Flood Methods. Journal of Hydraulic Engineering. Volumen 121, Número 1, Enero, 1995. pp 61-69.

THOMAS, H.A. and FIERING, M.B. (1962) "Mathematical synthesis of streamflow sequences for the analysis of river basins by simulation". In Design of Water Resources System (A. Mass et al; eds), pp. 459-493, Cambridge, Massachusetts, Harvard

University Pless.

THORNTHWAIT, C.W. and MATHER, J.R. (1955) "The water balance". Publ. Climatol. Lab. Climatol. Drexel. Inst. Technol., 8 (1) 1-104, 1955.

U.S. Army Corps of Engineers, 1991. "Manual for the Geographical Resources Analysis Support System GRASS. Version 4.0". CERL ADP Report N-87/22. July 1991.

VARELA, M., 1994. Sistemas de Información Geográfica en la Comunidad Europea. Curso sobre utilización de los Sistemas de Información Geográfica en Hidrología. CEDEX. Madrid 1994.

VISSMAN, J. R.; O. LEWIS y J. KRAPP (1989), *Introduction to Hydrology*, Harper and Row Publishers, New York.

WIGMOSTA, M. S., BURGESS, S. J. Proposed Model for Evaluating Urban Hydrologic Change. Journal of Water Resources Planning and Management. Volumen 116, Número 6, Noviembre/Diciembre, 1990. pp 742-763.

XU, C. -Y., VANDEWIELE, G. L. Parsimonious Monthly Rainfall - Runoff Models for Humid Basins with Different Input Requirements. Advances in Water Resources. Volumen 18, Número 1, 1995. pp 39-48.

ANEXOS

ANEXO 1. REGISTROS HIDROCLIMATOLÓGICOS

ANEXO 1.1 PRECIPITACIÓN

Categoría: Pluviográfica
 Subcuenca: Río Cafi
 Longitud: 76°38'
 Latitud: 03°27'
 Elevación: 1864 msnm

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	42	89	116	232	221	125	132	106	71	180	126	80	1500
1971	113	151	310	192	233	133	68	132	138	238	163	133	2002
1972	165	84	75	168	208	189	94	105	90	100	92	111	1480
1973	33	20	147	124	239	132	100	187	205	151	250	127	1725
1974	91	248	217	197	208	118	44	90	167	159	152	53	1744
1975	82	134	58	105	235	167	223	191	120	288	120	181	1904
1976	108	88	171	173	156	81	1	32	52	156	61	96	1175
1977	36	36	111	100	157	51	67	160	152	184	131	96	1271
1978	63	105	173	277	163	58	125	29	116	81	93	150	1433
1979	88	42	103	259	222	219	54	174	92	67	63	118	1501
1980	77	89	73	166	125	101	64	83	53	307	90	154	1382
1981	56	67	80	136	268	155	85	164	83	138	131	130	1494
1982	63	140	137	256	219	77	77	10	184	119	92	61	1455
1983	21	7	203	144	206	140	65	34	73	83	104	160	1240
1984	169	223	87	238	187	147	69	125	158	178	164	77	1840
1985	127	68	171	75	153	71	52	79	145	181	123	58	1363
1986	208	102	143	161	153	132	8	61	62	288	226	12	1654
1987	46	81	83	229	110	106	77	81	148	187	154	156	1457
1988	16	105	49	175	172	159	126	144	75	117	202	169	1509
1989	179	128	84	88	243	158	13	69	75	149	97	47	1330
1990	84	133	95	138	64	27	19	24	87	229	121	82	1113
1991	30	41	173	190	148	96	44	57	140	38	77	66	1100
1992	54	59	47	121	110	18	54	70	90	118	112	77	928
1993	57	141	105	249	229	168	29	31	132	99	127	49	1414
1994	76	126	163	340	264	48	87	167	38	167	164	76	1706
1995	63	12	176	134	180	279	78	99	78	200	73	160	1532
1996	71	113	214	122	170	167	115	92	162	89	149	89	1563
MEDIO	82.9	97.8	132.0	177.3	186.7	122.9	73.7	96.1	110.5	157.7	128.0	103.2	1468.7
MÍNIMO	16.0	7.0	47.0	75.0	64.0	16.0	1.0	10.0	38.0	38.0	61.0	12.0	928.0
MÁXIMO	208.0	248.0	310.0	340.0	269.0	279.0	223.0	197.0	205.0	307.0	260.0	181.0	2002.0
DESV STD	49.88	57.25	61.94	64.86	50.73	59.52	46.40	54.28	44.82	68.59	48.83	44.63	250.03
COEF VAR	0.60	0.59	0.47	0.37	0.27	0.48	0.63	0.56	0.41	0.43	0.37	0.43	0.17

Estación: LOS CRISTALES
 Categoría: Pluviográfica
 Subcuenca: Cafiveralejo
 Longitud: 76°35'
 Latitud: 03°28'
 Elevación: 1312 msnm

Código: 2622330105

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	25	123	116	231	251	110	65	121	105	168	205	100	1620
1971	170	148	487	174	270	88	38	194	165	270	80	45	2127
1972	282	138	216	208	142	185	24	26	12	78	190	33	1536
1973	0	58	116	224	260	126	157	305	200	256	335	218	2255
1974	91	436	314	188	184	165	71	107	143	180	299	72	2268
1975	109	228	232	144	282	166	174	230	168	389	229	283	2630
1976	64	26	226	101	233	93	0	43	60	190	107	105	1247
1977	57	5	121	157	109	75	120	109	197	214	131	108	1403
1978	68	72	213	340	268	41	120	60	84	94	102	301	1733
1979	34	58	148	305	187	113	121	129	58	174	121	177	1635
1980	115	119	64	166	174	65	28	45	85	385	98	172	1475
1981	82	68	149	373	286	114	75	95	37	188	265	204	1948
1982	124	160	195	270	244	108	20	6	127	229	151	138	1772
1983	17	5	228	186	169	145	61	14	84	62	70	246	1277
1984	242	334	139	289	222	208	24	181	286	227	293	110	2535
1985	152	24	186	57	146	113	56	55	170	248	181	98	1496
1986	271	135	127	338	185	140	5	56	58	386	208	37	1928
1987	114	122	148	271	140	106	104	90	102	345	206	165	1913
1988	73	67	152	216	280	234	64	125	123	237	270	289	2150
1989	186	146	79	123	242	147	7	50	143	353	135	103	1684
1990	92	118	87	225	135	72	15	43	33	309	129	131	1369
1991	19	123	104	111	231	93	71	9	179	90	132	58	1220
1992	72	160	54	163	182	9	34	25	157	132	183	129	1280
1993	105	151	297	336	277	40	60	20	132	105	167	41	1731
1994	124	134	211	607	282	36	62	34	83	223	342	170	2308
1995	94	20	210	190	158	218	171	117	68	207	124	221	1798
1996	80	103	269	158	315	233	169	71	232	264	173	187	2284
MEDIO	104.9	121.4	181.9	228.1	216.4	120.1	71.7	86.3	120.3	222.4	181.6	148.3	1801.4
MÍNIMO	0.0	5.0	54.0	67.0	109.0	9.0	0.0	6.0	12.0	62.0	70.0	33.0	1220.0
MÁXIMO	282.0	436.0	487.0	807.0	315.0	234.0	174.0	305.0	286.0	389.0	342.0	301.0	2630.0
DESV STD	72.40	94.81	91.54	110.80	58.56	60.67	53.62	71.43	66.41	94.27	77.19	78.17	404.83
COEF VAR	0.69	0.78	0.50	0.48	0.27	0.51	0.75	0.83	0.55	0.42	0.42	0.54	0.22

157

Estación: PEÑAS BLANCAS
 Categoría: Pluviográfica
 Subcuenca: Pichindé
 Longitud: 76°40'
 Latitud: 03°25'
 Elevación: 2158 msnm

Código: 2622410104

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	104	40	90	210	135	224	85	51	146	267	243	161	1756
1971	182	321	422	215	258	141	55	188	224	344	135	217	2702
1972	209	69	172	259	264	211	113	102	112	185	179	161	2036
1973	52	19	144	205	269	214	171	239	232	224	264	228	2261
1974	168	190	183	267	134	132	83	88	191	302	152	81	1971
1975	98	326	212	137	334	176	199	225	158	278	324	330	2797
1976	119	262	296	302	172	91	2	91	78	316	96	103	1928
1977	55	74	78	137	206	138	149	125	233	242	194	146	1777
1978	62	89	210	325	243	98	48	37	193	367	122	115	1909
1979	89	85	136	298	213	27	152	183	88	173	90	198	1732
1980	67	127	31	220	155	172	89	44	63	316	108	131	1523
1981	121	158	181	183	278	180	20	184	101	256	110	161	1933
1982	223	224	306	304	323	74	134	6	151	292	226	112	2375
1983	37	26	425	253	246	193	44	21	62	165	102	169	1743
1984	188	285	114	374	353	162	118	94	276	306	222	145	2637
1985	229	107	237	300	213	97	80	168	198	259	144	87	2119
1986	237	181	38	184	147	178	6	109	147	386	239	36	1888
1987	111	104	177	142	226	83	134	132	229	241	106	127	1812
1988	96	94	82	317	155	340	121	102	177	164	260	142	2050
1989	163	169	71	142	206	220	34	153	145	230	112	72	1717
1990	100	165	155	225	172	105	60	39	128	232	155	176	1712
1991	46	142	159	256	287	145	61	22	189	146	121	102	1676
1992	108	156	75	119	239	163	38	65	97	63	178	84	1385
1993	169	176	270	345	295	145	63	32	195	161	163	69	2083
1994	179	163	220	238	365	49	88	39	43	141	230	89	1844
1995	71	32	170	178	275	208	180	126	145	260	104	139	1888
1996	136	145	369	224	341	198	133	76	134	255	197	273	2481
MEDIO	126.6	145.5	186.0	235.5	240.9	154.2	91.1	101.5	153.1	243.4	169.5	142.7	1990.2
MÍNIMO	37.0	19.0	31.0	119.0	134.0	27.0	2.0	6.0	43.0	63.0	90.0	36.0	1385.0
MÁXIMO	237.0	326.0	425.0	374.0	365.0	340.0	199.0	239.0	276.0	386.0	324.0	330.0	2797.0
DESV STD	60.24	84.71	107.37	69.87	68.66	65.54	53.75	65.40	60.25	75.80	63.42	65.38	351.95
COEF VAR	0.48	0.58	0.58	0.30	0.29	0.43	0.59	0.64	0.39	0.31	0.37	0.46	0.18

Estación: LA TERESITA
 Categoría: Climatológica
 Subcuenca: Cali
 Longitud: 76°40'
 Latitud: 03°27'
 Elevación: 1950 msnm

Código: 2622400201

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	57	64	101	217	165	173	42	80	66	163	102	48	1278
1971	96	115	160	115	158	105	91	109	131	139	83	109	1411
1972	123	66	71	99	113	150	41	101	162	75	57	87	1145
1973	39	24	105	132	88	193	105	91	29	151	237	144	1338
1974	312	208	167	215	258	213	163	191	308	345	210	59	2649
1975	50	256	97	175	354	50	224	248	208	273	202	237	2374
1976	162	167	193	213	147	80	3	55	90	173	40	180	1503
1977	29	49	117	149	352	100	99	103	177	237	123	123	1658
1978	66	62	271	336	251	144	179	29	163	173	76	238	1988
1979	85	37	95	131	250	57	108	250	297	475	80	167	2032
1980	209	205	183	260	165	223	70	55	85	320	270	215	2260
1981	45	159	185	315	27	187	89	137	160	236	122	126	1788
1982	140	170	233	381	262	106	121	36	209	217	143	122	2140
1983	38	11	259	45	170	102	49	25	66	130	113	132	1140
1984	150	255	69	271	306	186	70	178	150	236	205	94	2170
1985	202	87	192	97	257	109	71	124	191	248	225	67	1870
1986	224	119	80	160	155	89	10	103	112	378	219	32	1681
1987	72	125	78	196	104	115	79	78	245	235	236	141	1704
1988	53	125	36	283	146	248	157	203	129	186	227	142	1935
1989	104	138	78	122	181	164	15	81	75	159	113	75	1305
1990	94	153	131	165	112	38	44	28	101	162	195	114	1337
1991	23	43	186	185	162	138	40	57	127	68	129	102	1260
1992	60	56	60	161	142	57	62	69	118	84	134	103	1106
1993	78	176	113	265	198	151	27	23	159	231	176	68	1665
1994	126	176	159	300	362	61	86	84	75	236	184	84	1933
1995	76	13	153	134	165	221	132	151	112	306	76	186	1725
1996	91	151	285	189	364	198	116	59	233	195	198	191	2250
MEDIO	103.9	118.9	142.9	196.0	200.5	135.5	84.9	101.8	147.3	216.0	154.6	125.4	1727.6
MÍNIMO	23.0	11.0	36.0	45.0	27.0	38.0	3.0	23.0	29.0	68.0	40.0	32.0	1106.0
MÁXIMO	312.0	256.0	285.0	381.0	364.0	248.0	224.0	250.0	308.0	475.0	270.0	238.0	2649.0
DESV STD	69.18	71.15	67.99	82.07	90.51	60.14	53.95	65.03	70.03	93.26	64.74	55.74	420.42
COEF VAR	0.67	0.60	0.48	0.42	0.45	0.44	0.64	0.64	0.48	0.43	0.42	0.44	0.24

158

Estación: YANACONAS
 Categoría: Pluviométrica
 Subcuenca: Pichindé
 Longitud: 76°36'
 Latitud: 03°26'
 Elevación: 1730 msnm

Código: 2622410102

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	0	38	45	128	69	100	4	91	41	83	105	25	729
1971	157	135	397	205	541	158	82	236	262	349	237	183	2942
1972	211	92	69	201	261	238	20	97	66	113	263	97	1728
1973	21	39	98	317	347	153	106	332	232	157	291	126	2219
1974	75	247	196	225	187	134	47	100	190	217	128	12	1758
1975	12	140	92	126	272	155	138	224	173	328	214	335	2209
1976	109	165	118	285	294	80	1	28	54	184	69	99	1486
1977	19	33	130	102	95	85	112	127	178	126	93	85	1105
1978	99	116	228	260	190	86	115	19	109	82	91	132	1527
1979	72	31	120	111	226	215	71	149	109	176	120	158	1559
1980	82	153	52	188	149	95	37	74	79	489	137	131	1667
1981	25	131	151	348	448	181	73	166	31	205	234	154	2147
1982	117	103	170	333	236	108	47	39	168	165	130	108	1724
1983	28	13	198	207	173	125	41	20	67	82	49	135	1138
1984	307	287	82	251	238	181	91	152	215	262	267	73	2406
1985	183	42	185	113	171	120	54	119	196	210	167	71	1631
1986	278	152	123	185	142	130	3	68	25	363	123	42	1634
1987	77	85	125	326	213	124	120	62	106	289	197	266	1990
1988	27	57	106	168	190	193	100	120	113	231	255	229	1789
1989	148	164	111	122	312	236	40	222	190	499	131	139	2314
1990	219	345	136	246	98	55	39	26	74	304	110	122	1774
1991	43	38	160	354	158	89	86	11	220	66	138	67	1430
1992	57	99	51	78	136	22	17	25	149	127	164	118	1043
1993	78	135	155	358	244	14	9	5	113	103	136	17	1367
1994	40	57	81	227	173	17	58	48	44	149	174	88	1156
1995	53	0	166	159	177	235	136	50	56	241	152	135	1560
1996	28	64	244	128	208	241	87	55	121	172	127	192	1667
MEDIO	95.0	109.6	140.3	213.0	220.3	132.2	64.3	98.7	125.2	213.8	159.3	123.7	1695.5
MÍNIMO	0.0	0.0	45.0	78.0	69.0	14.0	1.0	5.0	25.0	66.0	49.0	12.0	729.0
MÁXIMO	307.0	345.0	397.0	358.0	541.0	241.0	138.4	332.0	262.0	499.0	291.0	335.0	2942.0
DESV STD	82.90	83.21	73.28	86.67	103.31	67.61	41.90	81.79	68.88	116.57	64.46	73.41	472.68
COEF VAR	0.87	0.76	0.52	0.41	0.47	0.51	0.65	0.83	0.55	0.55	0.40	0.59	0.28

ANEXO 1.2 CAUDAL

Estación : BOCATOMA
 Categoría: Limnigráfica
 Subcuenca: Río Cell
 Longitud: 76°34'
 Latitud: 03°27'
 Elevación: 1160 msnm

Código: 2822400401

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m³/s)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	2.4	3.2	4.0	5.2	6.1	5.1	3.0	2.6	3.0	4.5	6.8	2.9	4.1
1971	3.4	3.6	3.6	4.8	5.7	4.4	3.2	2.3	2.6	4.1	5.1	4.1	3.9
1972	3.4	3.6	3.6	4.8	5.7	4.4	3.2	2.3	2.6	4.1	5.1	4.1	3.9
1973	3.4	3.6	2.1	2.8	3.2	4.2	3.5	3.0	4.3	3.7	6.3	5.9	3.8
1974	3.4	6.3	7.1	7.2	8.5	4.4	3.3	2.8	3.0	4.6	5.7	3.0	4.9
1975	3.0	4.7	5.5	4.3	6.4	4.7	5.2	4.7	5.0	5.6	7.9	8.8	5.5
1976	3.9	4.6	5.3	5.7	9.1	4.0	2.8	2.5	2.6	4.2	6.3	5.9	4.7
1977	3.1	2.2	2.3	3.0	3.5	3.3	3.0	3.0	3.0	4.4	6.4	4.0	3.4
1978	3.6	3.3	3.5	6.9	6.3	4.4	3.7	3.1	2.9	3.4	2.4	3.1	3.9
1979	2.1	2.2	3.6	4.6	4.8	6.5	3.2	2.7	4.1	3.7	2.8	2.3	3.6
1980	2.6	3.7	2.8	2.8	3.2	4.1	2.1	1.0	0.8	4.6	3.3	3.8	2.9
1981	2.6	3.6	3.6	8.2	9.7	6.7	5.0	2.2	2.8	3.9	5.1	3.8	4.8
1982	6.0	4.9	6.4	8.3	7.6	4.4	2.5	1.4	2.1	4.9	4.8	3.8	4.8
1983	2.1	1.4	3.8	6.5	6.4	5.3	2.2	1.2	1.3	1.3	1.7	3.1	3.0
1984	4.0	4.3	2.4	3.8	6.8	5.1	2.4	3.6	6.1	8.0	4.3	4.7	4.7
1985	5.8	2.9	3.2	4.5	4.8	4.4	6.8	2.8	2.8	4.8	5.4	3.9	4.3
1986	5.6	6.7	5.1	4.8	3.8	3.6	2.6	1.9	2.0	6.2	7.0	3.9	4.4
1987	2.6	2.7	2.3	3.7	4.6	2.9	2.0	2.7	2.6	5.1	5.0	6.1	3.5
1988	2.8	3.0	2.4	4.0	4.9	6.7	5.1	3.2	4.6	5.5	7.3	6.0	4.6
1989	4.1	4.2	3.2	2.4	5.0	5.1	2.0	1.6	1.7	3.8	4.4	3.2	3.4
1990	3.2	3.5	3.6	4.9	4.5	2.1	1.4	1.1	1.1	3.3	6.0	3.5	3.2
1991	2.6	1.8	2.7	4.4	5.6	4.1	2.5	1.6	1.7	2.0	3.3	2.5	2.9
1992	1.8	2.0	1.6	2.1	3.4	2.3	1.7	1.1	1.2	1.6	2.5	2.6	2.0
1993	3.2	3.6	3.7	6.9	7.8	5.0	2.2	1.4	1.8	3.1	5.3	2.7	3.9
1994	3.7	4.2	4.8	9.5	8.5	8.8	2.6	1.4	1.2	2.5	3.7	3.4	4.5
1995	2.0	1.4	1.7	1.5	2.8	4.7	1.3	0.9	6.1	5.2	3.2	4.8	3.0
1996	2.0	3.2	7.6	5.4	9.1	5.9	4.8	1.5	2.3	4.3	4.7	4.9	4.6
MEDIO	3.29	3.49	3.76	4.93	5.85	4.69	3.18	2.17	2.69	4.08	4.97	4.08	3.93
MÍNIMO	1.75	1.44	1.59	1.54	2.78	2.15	1.29	0.80	0.75	1.33	1.73	2.30	1.97
MÁXIMO	6.04	6.66	7.60	9.63	9.70	8.81	6.75	4.70	6.09	6.21	7.98	8.56	5.46
DESV STD	1.11	1.28	1.56	1.99	2.01	1.40	1.35	0.89	1.28	1.25	1.70	1.41	0.80
COEF VAR	0.34	0.37	0.41	0.40	0.34	0.30	0.43	0.41	0.47	0.31	0.34	0.34	0.20

Estación : PICHINDÉ
 Categoría: Limnigráfica
 Subcuenca: Río Pichindé
 Longitud: 76°37'
 Latitud: 03°26'
 Elevación: 1501 msnm

Código: 2822410401

CAUDAL MEDIO MENSUAL (m³/s)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	1.2	1.7	2.5	3.1	3.8	3.2	1.3	0.7	1.2	3.3	3.9	1.7	2.3
1971	2.0	2.1	2.1	2.9	3.4	2.7	2.1	1.6	1.8	2.5	2.9	2.4	2.4
1972	2.0	2.1	2.1	2.9	3.4	2.7	2.1	1.6	1.8	2.5	2.9	2.4	2.4
1973	2.0	2.1	0.9	1.3	1.6	2.5	2.0	1.3	3.1	2.2	3.6	3.5	2.2
1974	2.0	4.4	5.1	4.6	5.3	2.6	1.7	0.9	1.2	3.5	3.2	1.7	3.0
1975	1.7	3.0	3.7	2.5	3.8	2.9	4.3	3.6	4.1	4.8	4.6	5.1	3.7
1976	2.3	3.0	3.6	3.5	5.7	2.4	1.0	0.6	0.7	2.9	3.0	3.5	2.7
1977	1.8	0.9	1.0	1.4	1.9	1.8	1.3	1.2	1.2	3.1	3.7	2.3	1.8
1978	2.1	1.8	2.0	4.4	3.8	2.7	2.2	1.4	1.1	1.8	2.2	2.7	2.3
1979	1.8	1.3	1.9	2.8	3.0	3.6	1.2	1.7	3.0	2.0	1.3	1.4	2.1
1980	1.9	2.7	1.6	1.3	1.4	2.2	1.1	0.7	0.7	2.2	2.1	2.1	1.7
1981	1.4	1.8	2.4	5.1	6.0	5.1	2.6	1.9	1.8	2.1	2.5	2.2	2.9
1982	3.6	3.2	3.8	5.3	4.7	2.8	1.5	1.0	1.3	2.9	3.1	2.3	3.0
1983	1.3	1.0	2.5	3.6	3.2	3.6	1.5	0.8	0.4	0.9	0.9	1.9	1.8
1984	3.1	3.2	2.4	3.4	4.2	3.1	1.7	1.1	2.4	3.6	4.4	2.7	3.0
1985	3.8	2.1	1.8	2.6	2.8	2.7	1.0	1.3	1.6	2.4	2.7	1.8	2.2
1986	3.0	4.0	3.0	2.7	2.5	2.4	1.7	1.1	1.0	3.9	4.3	1.9	2.6
1987	1.5	1.5	1.6	1.7	2.3	1.4	0.9	1.2	1.0	3.2	2.8	3.3	1.9
1988	1.4	1.3	1.2	2.1	3.0	4.0	3.0	1.7	2.8	2.8	4.0	3.1	2.5
1989	2.0	2.3	1.8	1.9	2.8	2.5	1.4	1.6	1.1	2.3	2.1	2.1	2.0
1990	1.8	1.6	1.6	2.8	2.9	1.3	0.6	0.7	0.7	2.4	3.2	2.0	1.8
1991	1.6	1.1	1.6	2.7	3.3	2.5	1.4	1.1	1.2	1.4	1.9	1.6	1.8
1992	1.1	1.2	1.0	1.2	1.9	1.4	0.8	0.8	0.7	0.7	1.2	1.4	1.1
1993	1.9	2.5	2.6	4.6	4.3	2.4	1.1	0.7	0.9	1.7	2.2	1.9	2.2
1994	2.0	2.6	2.5	4.9	3.5	1.9	1.0	0.7	0.6	1.3	1.6	1.3	2.0
1995	0.8	0.6	0.8	1.0	1.8	2.2	0.7	0.6	1.6	2.6	2.3	2.0	1.4
1996	1.3	2.1	3.8	3.2	4.0	3.2	2.5	0.8	1.0	2.2	2.2	2.3	2.4
MEDIO	1.94	2.11	2.25	2.94	3.34	2.87	1.61	1.19	1.47	2.50	2.76	2.31	2.26
MÍNIMO	0.80	0.60	0.80	1.00	1.42	1.30	0.60	0.57	0.38	0.87	0.87	1.29	1.10
MÁXIMO	3.80	4.35	5.08	5.26	6.02	5.09	4.28	3.62	4.06	4.84	4.55	5.14	3.67
DESV STD	0.71	0.83	1.04	1.26	1.19	0.82	0.81	0.63	0.89	0.93	0.98	0.83	0.55
COEF VAR	0.36	0.44	0.46	0.43	0.36	0.31	0.50	0.53	0.60	0.37	0.36	0.36	0.25

ANEXO 1.3 EVAPORACION TOTAL

Estación: LA TERESITA
 Categoría: Climatológica
 Subcuenca: Cali
 Longitud: 76°40'
 Latitud: 03°27'
 Elevación: 1950 msnm

Código: 2622400201

162

EVAPORACION TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	86	108	96	90	67	85	82	104	74	103	58	55	1008
1971	68	91	88	75	70	78	85	83	89	70	74	71	942
1972	77	102	90	75	65	74	82	75	74	53	73	55	895
1973	75	119	96	71	60	59	72	67	71	50	59	59	858
1974	60	76	68	62	63	63	72	76	83	55	60	65	803
1975	70	72	77	64	74	62	68	65	75	49	58	55	789
1976	74	89	80	61	55	63	93	98	97	42	56	55	863
1977	87	100	113	61	59	60	75	78	78	46	69	59	885
1978	72	74	86	50	49	65	78	94	93	66	66	78	871
1979	68	98	96	65	64	62	86	69	75	52	60	52	847
1980	74	81	95	65	63	68	81	93	91	53	49	41	854
1981	65	77	82	56	57	65	57	84	67	54	49	40	753
1982	54	84	82	61	52	61	58	53	75	49	53	45	727
1983	76	84	83	49	59	56	65	74	73	57	60	47	783
1984	56	72	49	52	56	58	60	65	63	46	47	60	684
1985	53	83	84	59	54	64	69	66	56	47	58	54	747
1986	64	69	67	54	52	60	68	65	77	37	47	59	719
1987	68	93	76	55	54	67	67	75	76	47	58	63	799
1988	75	82	95	56	60	59	62	62	63	46	50	49	759
1989	61	154	94	67	69	77	80	85	69	60	72	60	948
1990	61	49	48	38	30	49	50	30	47	24	29	20	475
1991	61	37	66	56	37	69	74	74	89	61	53	60	737
1992	64	56	83	68	65	72	57	81	71	68	71	61	817
1993	65	69	75	48	44	66	70	89	48	17	25	19	635
1994	19	37	76	58	82	22	78	69	50	64	60	34	649
1995	75	68	76	57	58	64	71	58	70	66	73	57	793
1996	49	52	53	79	52	68	112	64	95	64	64	59	811
MEDIO	65.8	80.6	80.5	61.2	58.1	63.6	73.0	73.9	73.7	53.6	57.4	53.0	794.5
MÍNIMO	19.0	37.0	48.0	38.0	30.0	22.0	50.0	30.0	47.0	17.0	25.0	19.0	475.0
MÁXIMO	87.0	154.0	113.0	90.0	82.0	85.0	112.0	104.0	97.0	103.0	74.0	78.0	1008.0
DESV STD	13.20	24.80	15.25	10.77	10.79	11.14	12.86	15.34	13.64	15.80	12.01	13.33	109.33
COEF VAR	0.20	0.31	0.19	0.18	0.19	0.18	0.18	0.21	0.19	0.30	0.21	0.25	0.14

Estación: EL TOPACIO
 Categoría: Climatológica
 Subcuenca: Cali
 Longitud: 76°39'
 Latitud: 03°19'
 Elevación: 1676 msnm

Código: 2622110201

EVAPORACION TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	91	97	103	122	106	119	133	166	103	176	73	63	1352
1971	72	82	94	101	109	110	138	132	124	120	95	81	1258
1972	81	91	97	101	102	103	133	120	103	90	93	63	1177
1973	80	107	103	96	94	83	116	107	98	85	75	68	1112
1974	63	68	73	84	98	89	116	120	115	94	76	75	1071
1975	74	65	83	87	116	87	110	104	104	83	73	63	1049
1976	78	80	86	83	86	89	151	156	136	72	71	63	1151
1977	92	90	121	83	93	85	122	124	108	78	88	68	1152
1978	76	67	92	68	77	92	127	149	129	113	84	90	1164
1979	72	88	103	89	100	87	140	110	104	90	76	60	1119
1980	70	64	62	83	77	96	132	147	126	90	63	47	1057
1981	69	69	88	63	60	89	100	76	89	93	67	41	904
1982	76	83	88	51	81	52	103	133	78	68	67	47	927
1983	76	67	79	65	92	104	104	108	87	85	77	92	1036
1984	63	60	71	73	76	91	99	97	67	77	60	63	897
1985	53	69	93	85	87	95	109	110	104	77	71	40	993
1986	65	58	70	95	101	98	113	123	111	87	74	59	1054
1987	73	89	86	98	79	94	95	118	115	67	59	74	1047
1988	60	73	93	64	110	72	122	88	89	75	76	52	974
1989	59	58	72	77	87	86	116	104	103	99	66	73	1000
1990	74	61	109	75	78	88	100	115	105	67	76	60	1008
1991	75	79	72	84	76	95	94	122	91	82	53	57	980
1992	72	83	91	83	91	111	100	131	96	89	77	52	1076
1993	63	63	82	70	80	82	100	114	83	80	73	63	953.5652
1994	72	75	88	83	90	92	116	120	103	89	73	63	1062.982
1995	72	75	88	83	90	92	116	120	103	89	73	63	1062.982
1996	72	75	88	83	90	92	116	120	103	89	73	63	1062.982
MEDIO	72.0	75.5	88.0	82.5	89.8	91.5	115.5	119.8	102.8	89.0	73.5	63.1	1063.0
MÍNIMO	53.0	58.0	62.0	51.0	60.0	52.0	94.0	76.0	67.0	53.0	40.0	40.0	897.0
MÁXIMO	92.0	107.0	121.0	122.0	116.0	119.0	151.0	166.0	136.0	176.0	95.0	92.0	1352.0
DESV STD	8.74	12.69	13.26	14.49	12.80	12.57	15.13	19.63	15.57	21.26	9.39	12.63	103.31
COEF VAR	0.12	0.17	0.15	0.18	0.14	0.14	0.13	0.16	0.15	0.24	0.13	0.20	0.10

Estación: UNIVALLE
 Categoría: Climatológica
 Subcuenca: Cali
 Longitud: 76°32'
 Latitud: 03°22'
 Elevación: 970 msnm

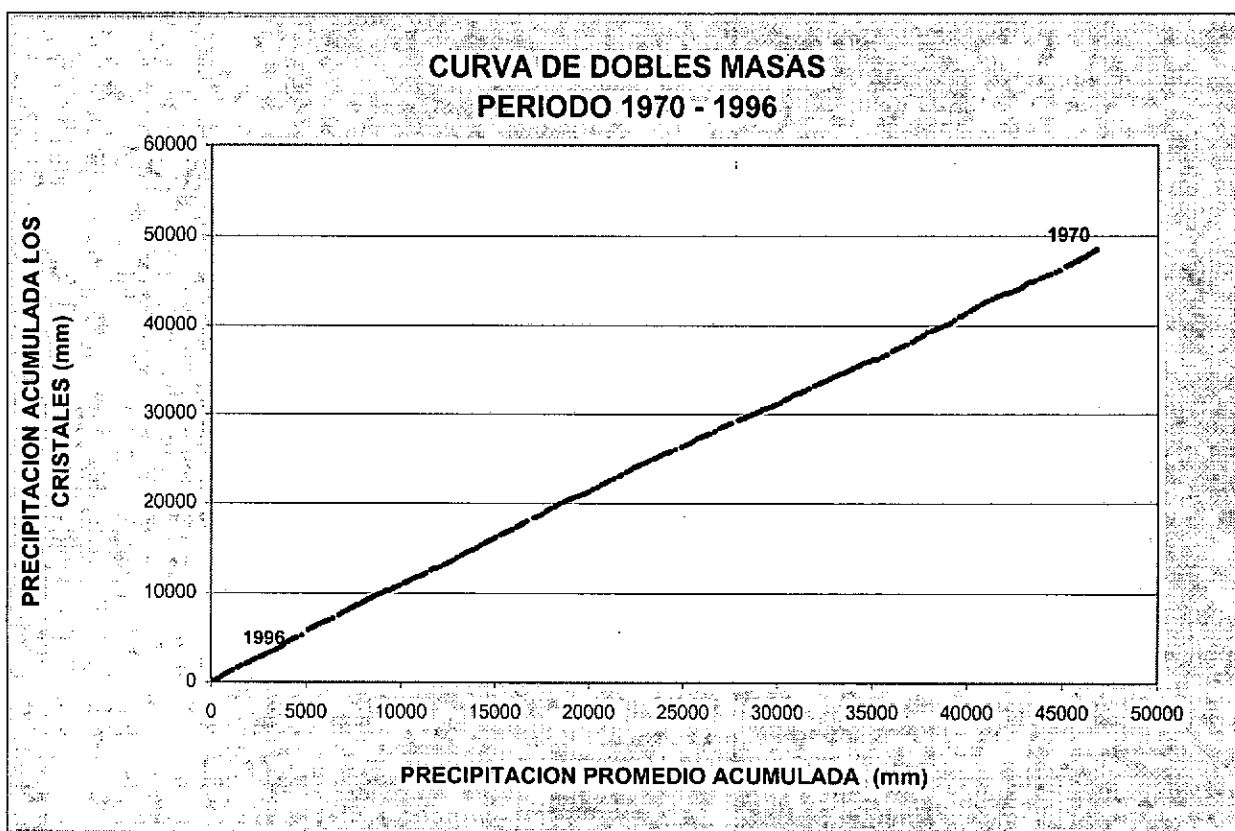
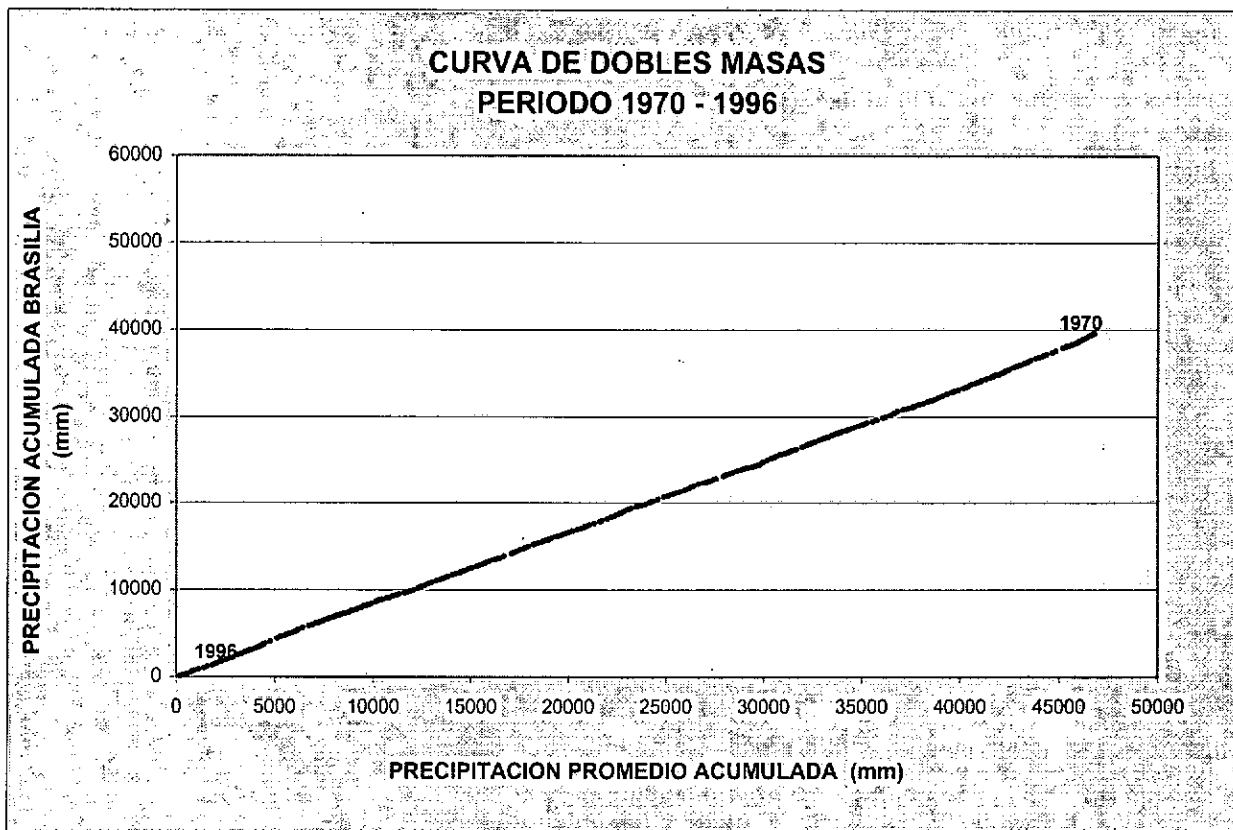
Código: 2622320201

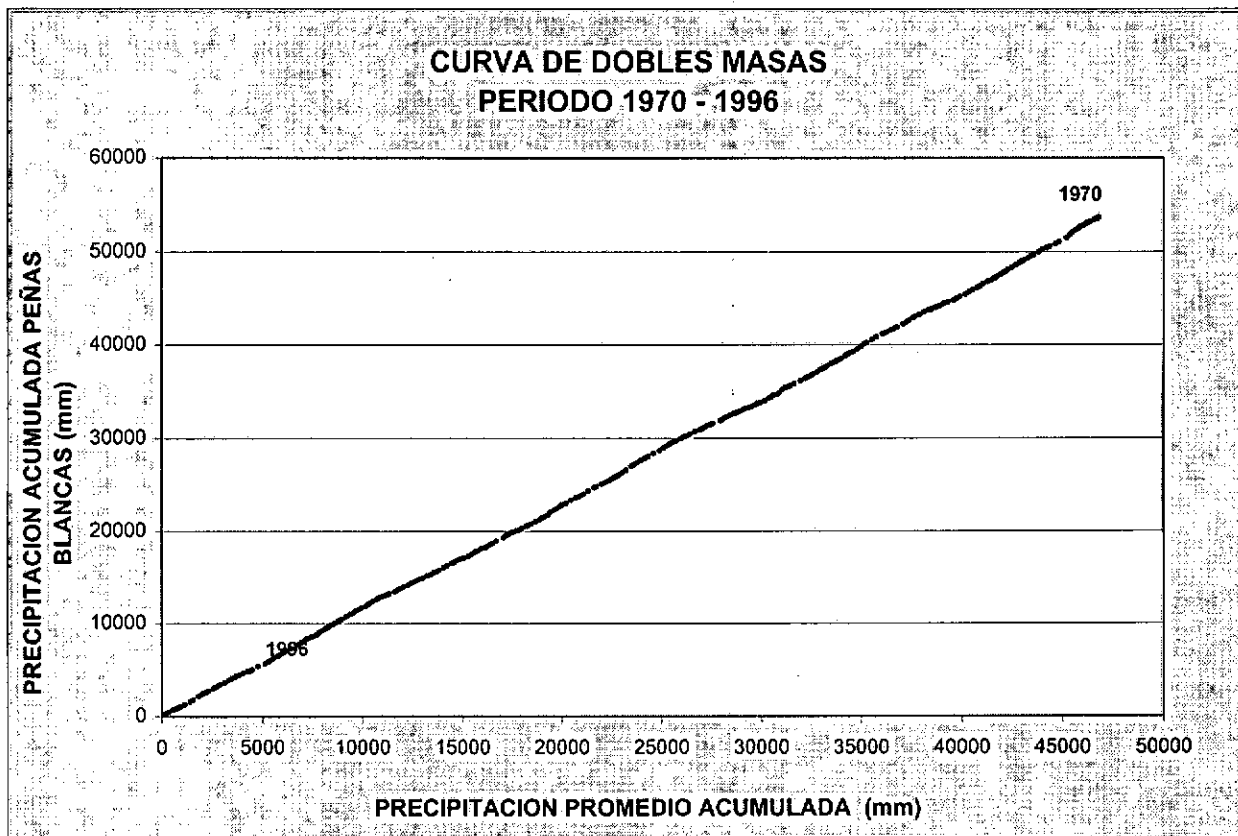
163

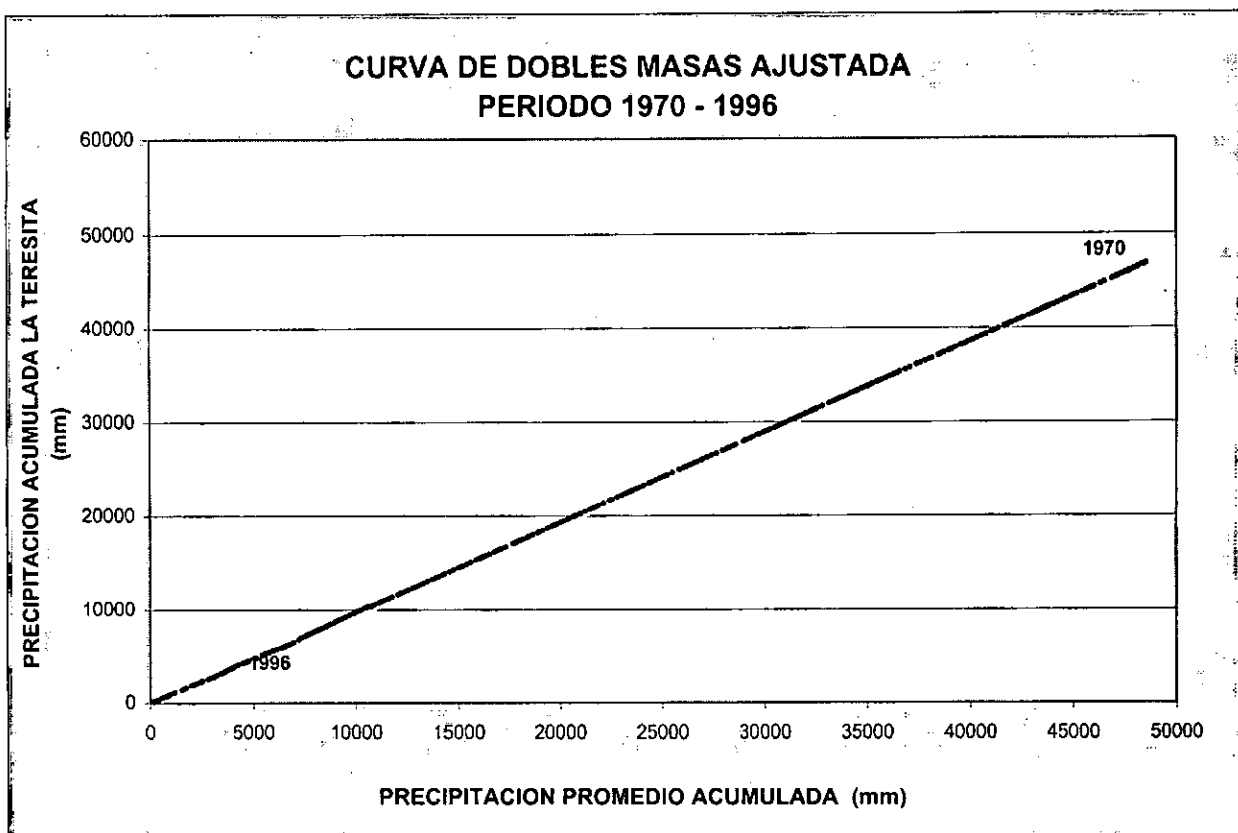
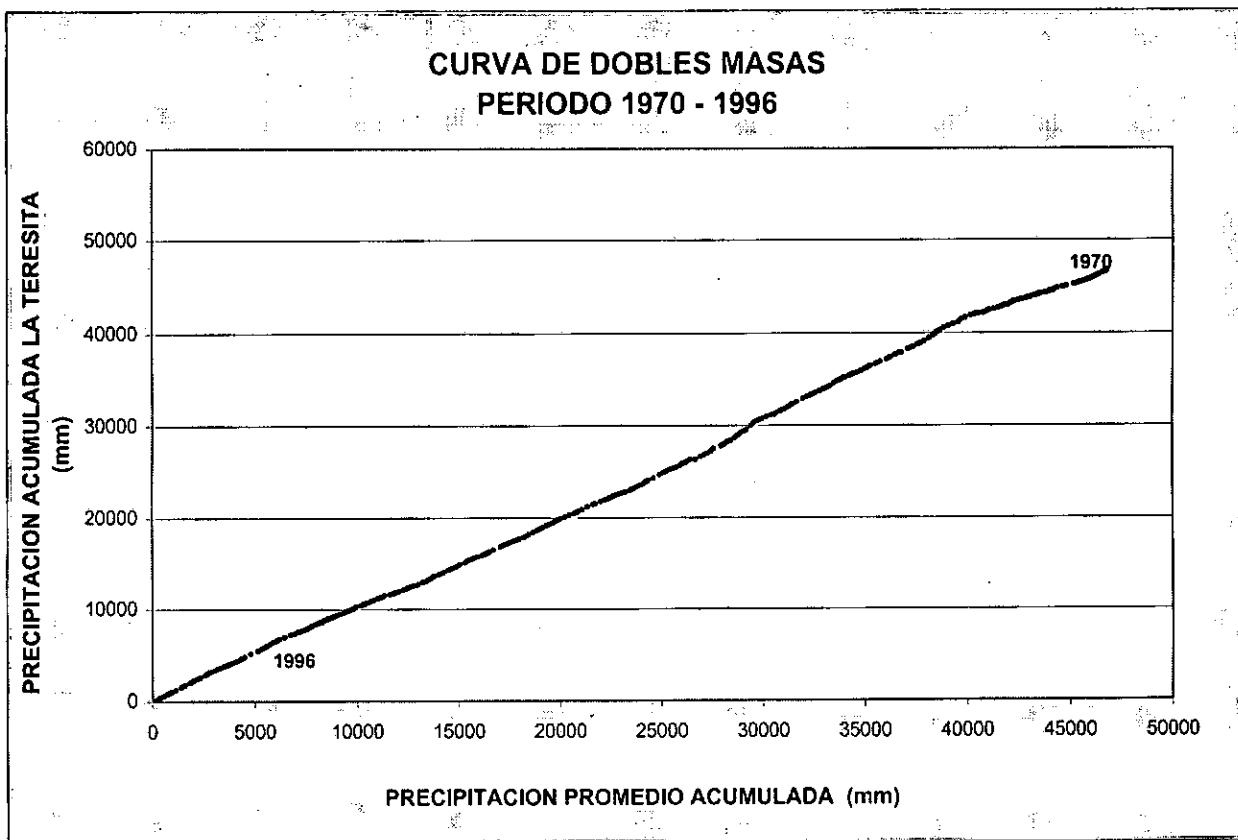
EVAPORACION TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	167	170	171	192	146	154	163	209	140	255	108	113	1988
1971	132	143	157	160	151	143	169	167	169	174	139	146	1850
1972	149	160	161	160	141	134	162	151	140	131	137	113	1739
1973	146	187	172	152	130	108	142	135	134	123	110	122	1661
1974	116	119	121	132	136	115	142	152	157	137	112	135	1574
1975	135	114	138	137	161	113	135	131	142	121	108	114	1549
1976	144	141	143	131	119	115	184	197	185	105	104	113	1681
1977	168	157	202	131	128	110	149	157	148	113	129	122	1714
1978	140	117	154	107	107	119	155	188	176	164	124	161	1712
1979	132	154	171	140	138	113	171	139	142	130	112	107	1649
1980	143	127	169	139	136	124	161	186	172	131	92	85	1665
1981	127	121	147	121	124	119	112	168	128	135	92	83	1477
1982	104	132	147	130	112	112	114	106	143	121	98	93	1412
1983	147	133	148	106	127	102	128	148	139	142	112	97	1529
1984	109	113	88	112	121	106	118	131	120	113	88	123	1342
1985	102	131	150	127	116	117	136	133	107	116	108	112	1455
1986	125	108	120	115	112	110	135	131	146	91	88	122	1403
1987	132	146	135	117	117	122	133	150	145	116	108	129	1550
1988	146	130	169	121	129	108	123	125	120	113	93	102	1479
1989	118	116	133	122	98	114	136	147	134	134	121	110	1483
1990	126	103	129	114	105	123	140	124	72	68	101	108	1313
1991	112	132	119	114	111	122	117	128	148	116	93	104	1416
1992	124	124	147	121	109	133	124	158	127	118	103	89	1477
1993	125	99	125	123	108	114	137	166	134	134	108	113	1486
1994	132	132	147	130	124	119	141	151	141	129	108	113	1567.413
1995	132	132	147	130	124	119	141	151	141	129	108	113	1567.413
1996	132	132	147	130	124	119	141	151	141	129	108	113	1567.413
MEDIO	132.0	132.4	146.5	130.2	124.3	118.8	141.1	151.1	140.4	129.2	107.8	113.2	1566.9
MÍNIMO	102.0	99.0	88.0	106.0	98.0	102.0	112.0	106.0	72.0	68.0	88.0	83.0	1313.0
MÁXIMO	168.0	187.0	202.0	192.0	161.0	154.0	184.0	209.0	185.0	255.0	139.0	161.0	1988.0
DESV STD	16.47	20.39	22.39	18.67	15.00	11.35	18.38	23.89	22.03	32.08	13.40	17.17	153.02
COEF VAR	0.12	0.15	0.15	0.14	0.12	0.10	0.13	0.16	0.16	0.25	0.12	0.15	0.10

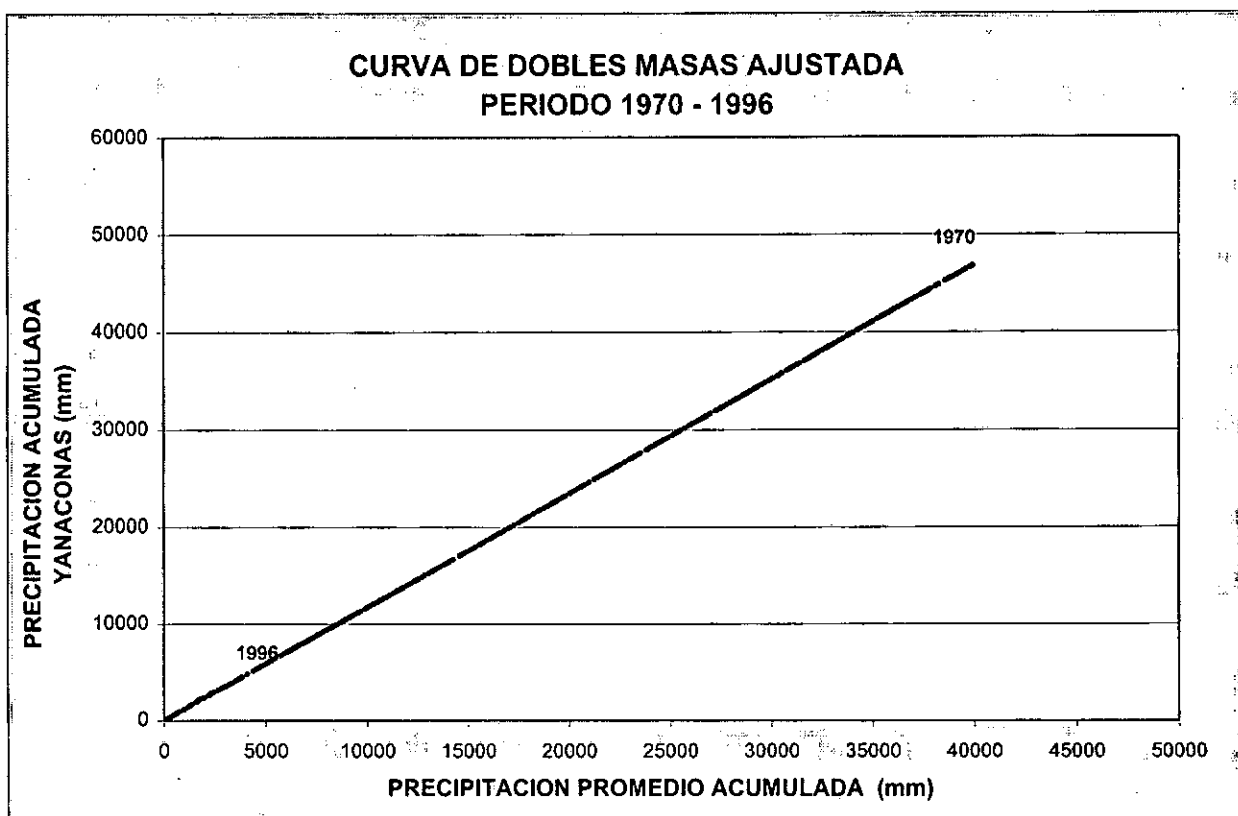
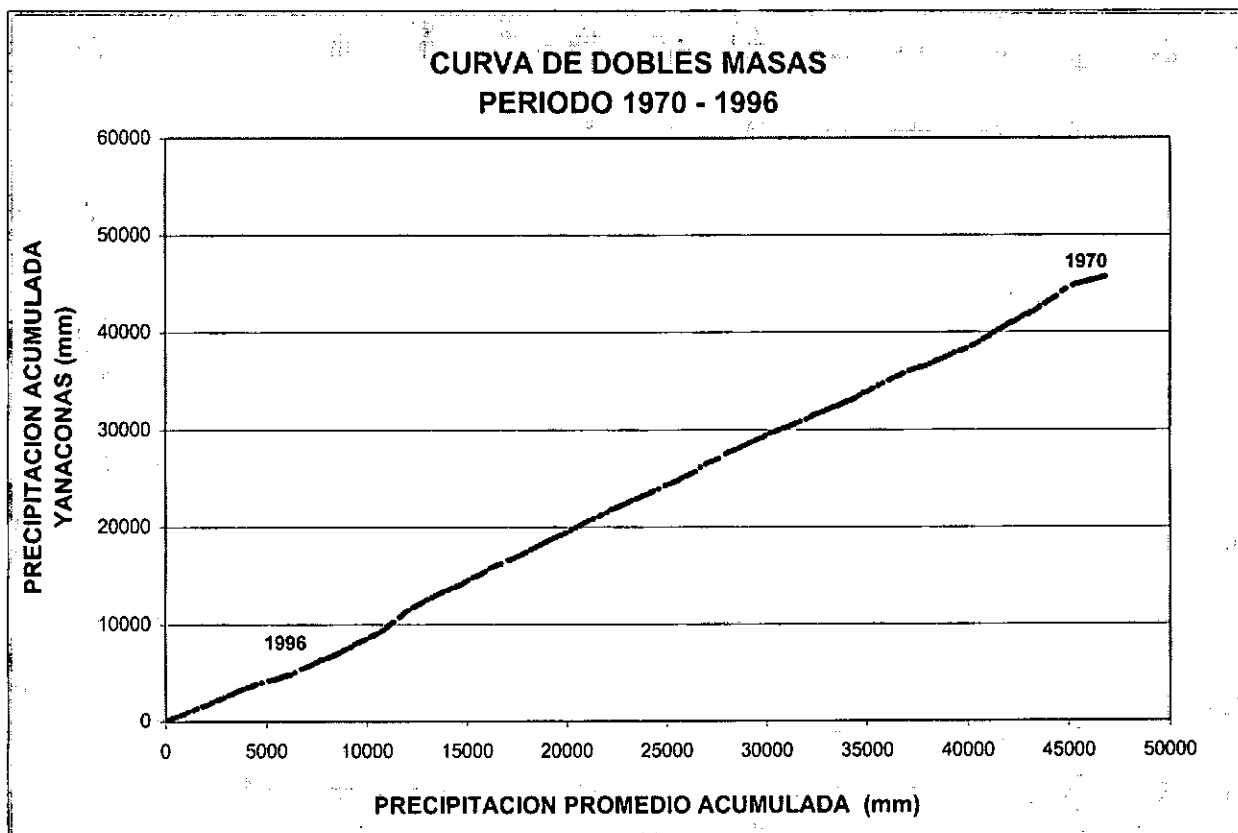
ANEXO 2. CURVAS DOBLES MASAS

ANEXO 2.1 PRECIPITACION

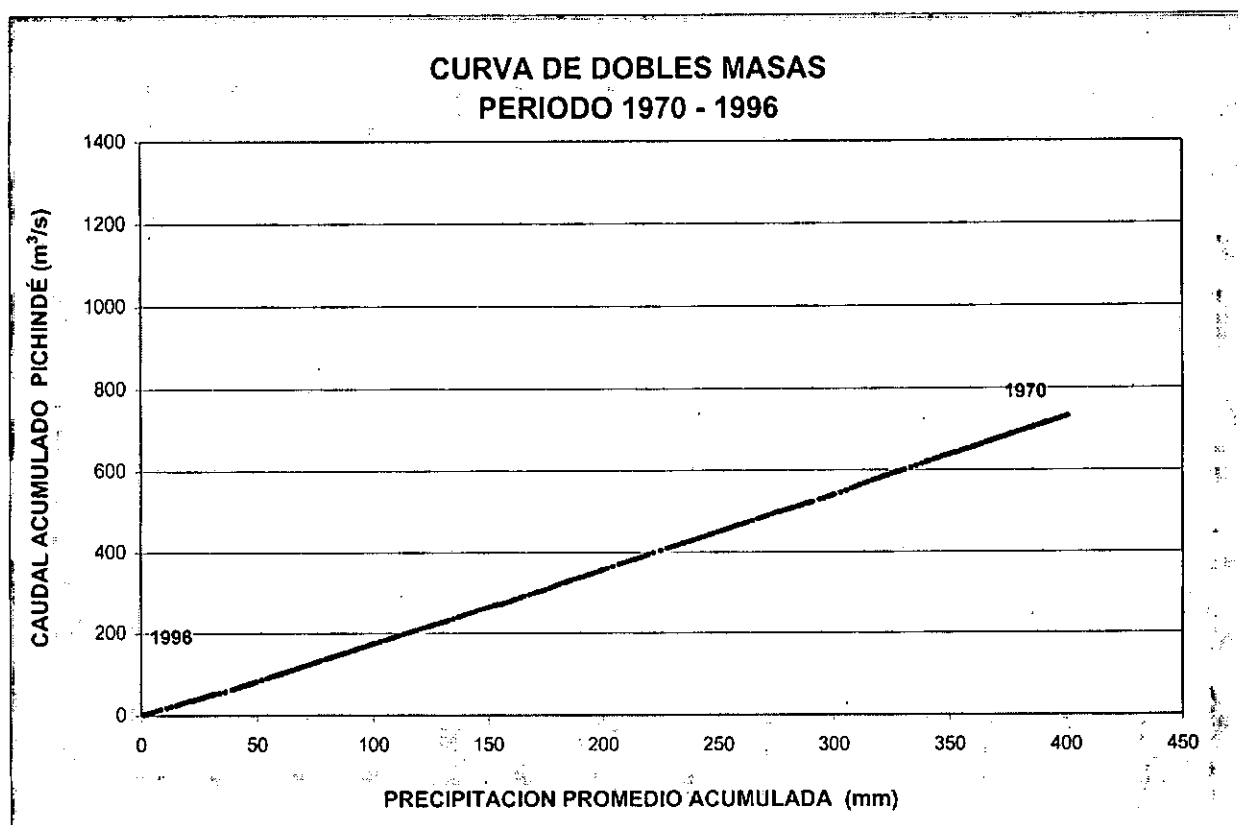
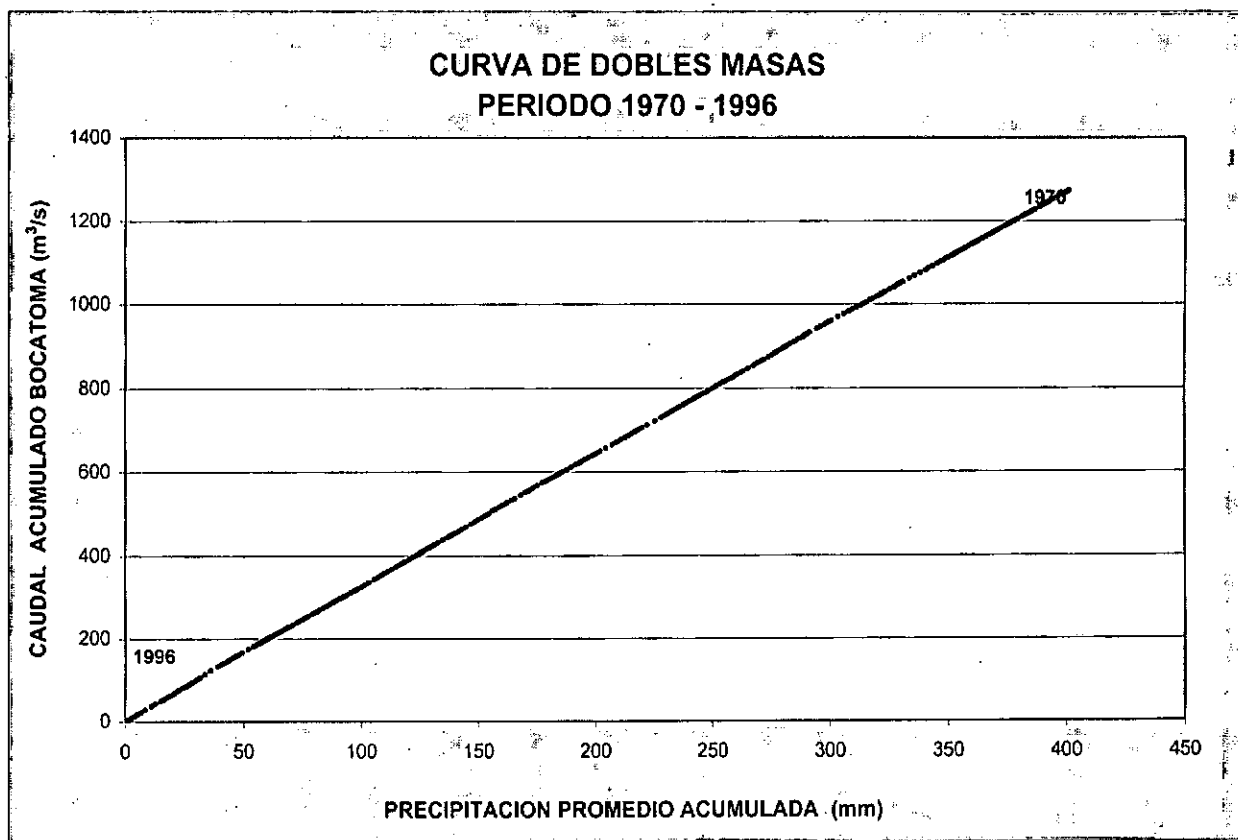








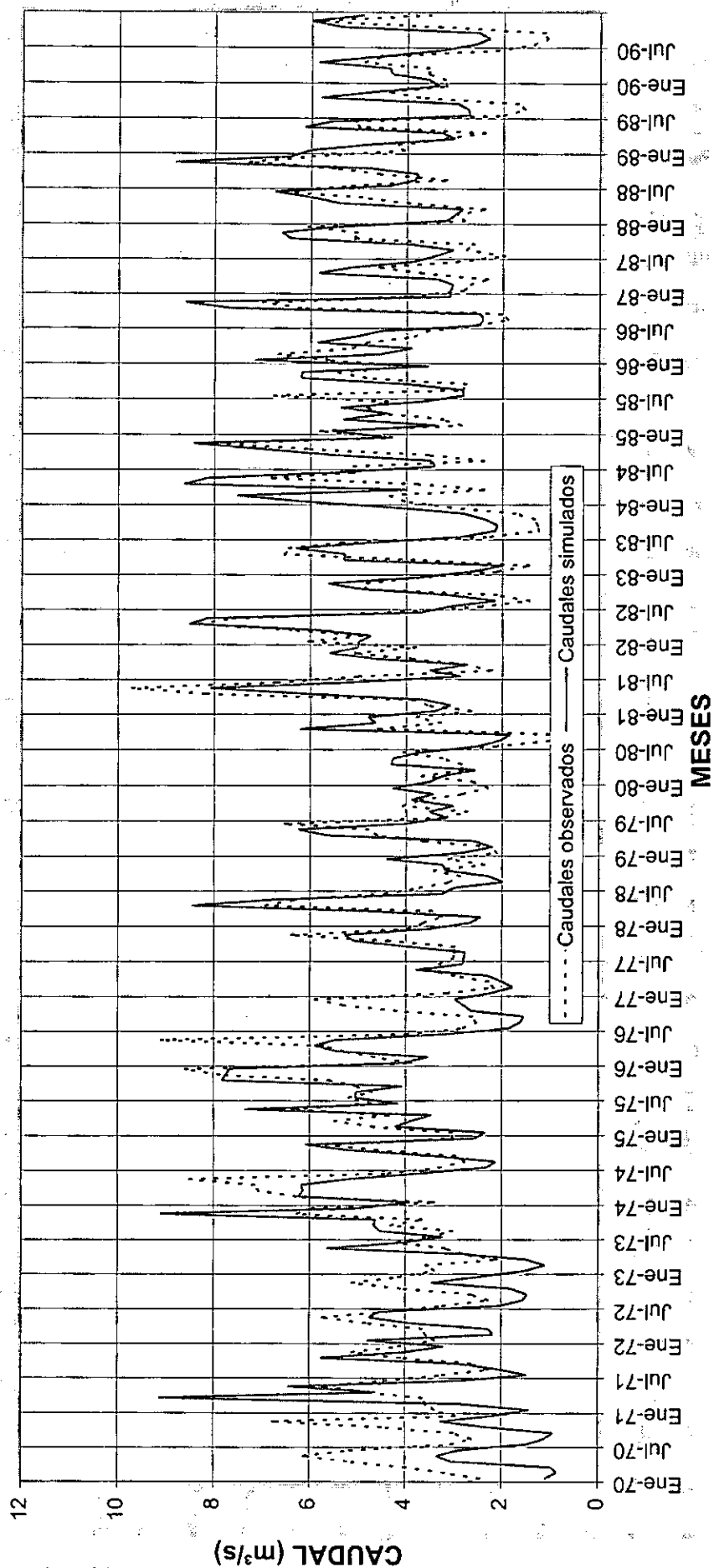
ANEXO 2.2 CAUDAL



**ANEXO 3. CALIBRACION Y VALIDACION DE MODELOS
LLUVIA ESCORRENTIA**

173

CALIBRACIÓN MODELO ABCD RÍO CALI
PRECIPITACIÓN POR MÉTODO DE ISOYETAS
(ENE/70-DIC/90)



CALIBRACIÓN MODELO ABCD RIO CALI PRECIPITACION POR ISOYETAS

MES	P	P	EP	Ro	W	S	Y	E	DR	GR	G	GD	DR	GD	R	ERROR
	(mm)	(m³/s)	(mm)	(m³/s)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)²
Ene-78	78.31		74.5	3.63	533.3	422.2	481.2	59.0	31.3	20.9	2545.1	25.5	1.5	1.2	2.7	0.07
Feb-78	93.15		72.8	3.26	515.4	414.3	470.7	56.5	26.8	17.9	2537.6	25.4	1.3	1.2	2.4	0.06
Mar-78	240.00		89.1	3.45	654.3	450.4	526.6	76.2	76.6	51.1	2563.0	25.6	3.8	1.2	4.8	0.15
Abr-78	353.50		56.4	6.82	803.9	495.3	546.7	51.5	154.3	102.8	2639.5	26.4	7.2	1.2	8.5	0.05
May-78	240.84		58.3	6.32	736.1	487.7	540.2	52.5	117.5	78.4	2690.9	26.9	5.5	1.3	6.8	0.00
Jun-78	82.39		73.9	4.43	570.1	438.7	499.4	80.7	42.4	28.3	2692.3	26.9	2.0	1.3	3.2	0.07
Jul-78	114.82		93.8	3.71	553.5	417.1	491.7	74.8	37.1	24.7	2690.1	26.9	1.7	1.3	3.0	0.04
Ago-78	35.28		111.8	3.08	452.4	350.9	426.9	76.1	15.3	10.2	2673.5	26.7	0.7	1.3	2.0	0.13
Sep-78	142.14		105.1	2.87	493.0	379.5	456.4	76.8	22.0	14.7	2661.6	26.6	1.0	1.2	2.3	0.04
Oct-78	187.41		81.6	3.41	566.9	431.6	498.0	66.4	41.3	27.6	2662.5	26.6	1.9	1.2	3.2	0.00
Nov-78	138.21		72.4	2.37	569.8	439.8	499.3	59.5	42.3	28.2	2664.1	26.6	2.0	1.2	3.2	0.13
Dic-78	194.31		83.1	3.10	634.1	450.8	521.6	70.8	67.5	45.0	2682.2	26.8	3.2	1.3	4.4	0.18
Ene-79	91.63		70.4	2.10	542.4	429.6	486.1	56.5	33.8	22.5	2678.0	26.8	1.6	1.3	2.8	0.12
Feb-79	55.78		96.2	2.20	485.4	381.1	451.1	70.1	20.5	13.7	2665.0	26.7	1.0	1.2	2.2	0.00
Mar-79	141.42		99.5	3.63	522.5	398.9	475.0	76.1	28.5	19.0	2657.5	26.6	1.3	1.2	2.6	0.08
Abr-79	290.48		73.5	4.60	689.4	469.0	533.5	64.5	93.5	62.4	2692.9	26.9	4.4	1.3	5.6	0.05
May-79	245.02		75.9	4.78	714.0	470.3	537.3	67.0	106.0	70.7	2736.2	27.4	5.0	1.3	6.2	0.09
Jun-79	141.61		70.3	6.51	611.9	455.4	515.2	59.7	58.1	38.7	2747.4	27.5	2.7	1.3	4.0	0.15
Jul-79	105.96		103.4	3.19	561.4	413.3	495.5	82.2	39.5	26.4	2746.3	27.5	1.9	1.3	3.1	0.00
Ago-79	171.26		82.3	2.72	584.6	437.5	505.4	67.9	47.5	31.7	2750.5	27.5	2.2	1.3	3.5	0.08
Sep-79	115.20		84.8	4.06	552.7	423.4	491.3	67.9	36.8	24.5	2747.5	27.5	1.7	1.3	3.0	0.07
Oct-79	182.42		64.6	3.70	605.9	458.2	513.2	55.0	55.6	37.1	2757.0	27.6	2.6	1.3	3.9	0.00
Nov-79	120.67		65.7	2.82	578.9	448.4	503.1	54.8	45.4	30.3	2759.7	27.6	2.1	1.3	3.4	0.05
Dic-79	177.03		55.4	2.30	625.4	471.1	519.2	48.1	63.7	42.5	2774.5	27.7	3.0	1.3	4.3	0.74
Ene-80	112.62		74.2	2.58	583.7	443.4	505.1	61.7	47.2	31.5	2778.1	27.8	2.2	1.3	3.5	0.13
Feb-80	124.08		77.0	3.67	567.5	435.3	488.3	63.0	41.5	27.7	2778.1	27.8	1.9	1.3	3.2	0.01
Mar-80	80.45		86.9	2.82	515.8	404.4	471.0	66.6	26.9	17.9	2768.3	27.7	1.3	1.3	2.8	0.01
Abr-80	222.22		71.7	2.85	626.6	456.1	519.6	61.4	64.2	42.8	2783.3	27.8	3.0	1.3	4.3	0.26
May-80	166.21		68.5	3.24	624.4	460.1	518.9	58.8	63.3	42.2	2797.5	28.0	3.0	1.3	4.3	0.10
Jun-80	134.03		77.2	4.06	594.2	444.6	509.1	64.5	51.1	34.0	2803.5	28.0	2.4	1.3	3.7	0.01
Jul-80	66.69		97.4	2.13	511.3	394.7	468.2	73.5	25.8	17.2	2792.8	27.9	1.2	1.3	2.5	0.03
Ago-80	61.35		110.5	0.98	456.0	354.0	429.7	75.7	15.8	10.5	2775.5	27.8	0.7	1.3	2.0	1.18
Sep-80	68.67		102.8	0.75	422.6	336.6	403.1	66.5	11.7	7.8	2755.8	27.6	0.5	1.3	1.8	2.07
Oct-80	374.40		65.3	4.58	711.0	478.8	538.9	58.1	104.5	69.7	2797.5	28.0	4.9	1.3	6.2	0.12
Nov-80	182.22		53.9	3.28	641.0	476.2	523.4	47.2	70.8	47.0	2816.3	28.2	3.3	1.3	4.6	0.17
Dic-80	172.48		43.6	3.77	648.6	486.6	525.3	38.7	74.0	49.3	2837.3	28.4	3.5	1.3	4.8	0.07
Ene-81	88.40		67.4	2.65	575.0	445.6	501.5	55.9	44.1	29.4	2838.3	28.4	2.1	1.3	3.4	0.08
Feb-81	108.60		75.6	3.56	554.2	431.0	492.1	61.1	37.3	24.9	2834.8	28.3	1.7	1.3	3.1	0.02
Mar-81	160.01		85.0	3.83	591.0	437.5	507.9	70.4	49.8	33.2	2839.7	28.4	2.3	1.3	3.7	0.00
Abr-81	265.21		59.3	8.20	702.7	482.7	535.7	53.0	100.2	66.8	2877.7	28.8	4.7	1.3	6.0	0.07
May-81	301.21		59.2	9.70	783.9	491.3	545.1	53.8	143.3	95.5	2943.8	29.4	6.7	1.4	8.1	0.03
Jun-81	171.59		73.0	6.68	662.9	464.9	528.5	63.6	80.7	53.8	2967.9	29.7	3.8	1.4	5.2	0.05
Jul-81	69.27		70.6	4.98	534.2	425.6	481.7	56.1	31.5	21.0	2959.3	29.6	1.5	1.4	2.9	0.18
Ago-81	152.81		83.4	2.22	578.4	434.5	502.9	68.4	45.3	30.2	2959.9	29.6	2.1	1.4	3.5	0.34
Sep-81	88.80		74.6	2.76	523.3	417.1	475.5	58.3	26.7	19.1	2949.5	29.5	1.3	1.4	2.7	0.00
Oct-81	217.29		66.9	3.87	634.4	463.9	521.7	57.8	67.6	45.1	2965.0	29.6	3.2	1.4	4.6	0.03
Nov-81	217.61		55.1	5.06	681.5	483.1	532.1	49.0	89.7	59.8	2994.8	29.9	4.2	1.4	5.6	0.01
Dic-81	171.15		41.2	3.80	654.2	489.8	526.6	36.7	76.6	51.1	3015.7	30.2	3.6	1.4	5.0	0.10
Ene-82	163.42		61.4	6.04	653.3	472.8	526.4	53.7	76.2	50.8	3036.1	30.4	3.6	1.4	5.0	0.03
Feb-82	168.22		84.7	4.90	640.8	451.1	523.4	72.2	70.5	47.0	3052.6	30.5	3.3	1.4	4.7	0.00
Mar-82	240.60		85.0	6.39	691.7	459.9	533.9	74.0	63.1	43.1	3084.9	30.8	4.4	1.4	5.9	0.01
Abr-82	337.11		59.5	8.31	797.0	492.1	548.2	54.1	150.5	100.3	3153.6	31.5	7.0	1.5	8.5	0.00
May-82	288.97		61.6	7.61	781.0	489.0	544.9	55.8	141.7	94.5	3216.0	32.2	6.6	1.5	8.1	0.00
Jun-82	93.85		59.4	4.38	582.9	454.8	504.8	50.0	46.9	31.2	3215.1	32.2	2.2	1.5	3.7	0.02
Jul-82	89.19		72.2	2.45	544.0	429.0	486.9	57.9	34.2	22.8	3205.8	32.1	1.6	1.5	3.1	0.07
Ago-82	13.40		77.3	1.44	442.4	366.0	419.1	53.1	14.0	9.3	3183.3	31.8	0.7	1.5	2.1	0.24
Sep-82	179.35		77.2	2.12	545.3	425.8	487.6	61.8	34.6	23.1	3174.6	31.7	1.6	1.5	3.1	0.22
Oct-82	220.29		56.0	4.87	646.1	475.6	524.7	49.1	72.9	48.6	3191.3	31.9	3.4	1.5	4.9	0.00
Nov-82	202.48		58.0	4.81	678.1	480.1	531.5	51.4	88.0	58.6	3217.8	32.2	4.1	1.5	5.8	0.03
Dic-82	110.39		46.5	3.78	590.5	467.9	507.7	39.8	49.7	33.1	3218.7	32.2	2.3	1.5	3.8	0.00
Ene-83	32.15		77.4	2.09	500.0	402.5	461.0	58.6	23.4	15.6	3202.3	32.0	1.1	1.5	2.6	0.06
Feb-83	12.95		80.1	1.45	415.4	345.1	397.2	52.0	11.0	7.3	3177.8	31.8	0.5	1.5	2.0	0.15
Mar-83	318.83		83.1	3.83	664.0	456.9	528.7	71.8	81.2	54.1	3199.9	32.0	3.8	1.5	5.3	0.15
Abr-83	205.43		54.8	6.54	662.4	479.9	528.3	48.4	80.4	53.6	3221.3	32.2	3.8	1.5	5.3	0.04
May-83	226.48		69.9	6.45	706.4	474.3	536.2	61.9	102.1	68.1	3256.8	32.6	4.8	1.5	6.3	0.00
Jun-83	160.83		70.8	5.34	635.1	460.9	521.9	61.0	67.9	45.3	3269.4	32.7	3.2	1.5	4.7	0.01
Jul-83	58.39		77.6	2.25	519.3	412.9	473.1	60.2	27.7	18.5	3255.3	32.6	1.3	1.5	2.8	0.07
Ago-83	24.38		85.3	1.25	437.3	357.3	415.1	57.7	13.3	8.9	3231.9	32.3	0.6	1.5	2.1	0.51
Sep-83	76.50		78.4	1.27	433.8	359.3	412.3	53.0	12.9	8.6	3208.5	32.1	0.6	1.5	2.1	0.44
Oct-83	117.00		66.8	1.33	476.3	395.5	444.7	49.2	18.9	12.6	3189.2	31.9	0.9	1.5	2.4	0.62
Nov-83	127.68		66.0	1.73	523.2	423.5	475.4	52.0	28.7	19.1	3176.6	31.8	1.3	1.5	2.8	0.40
Dic-83	192.43		61.1	3.08	615.9	463.9	518.4	52.5	59.7	39.8	3184.5	31.8	2.8	1.5	4.3	0.15
Ene-84	237.11		59.1	4.05	701.1	482.7	535.4	52.7	89.4	66.3	3218.6	32.2	4.7	1.5	6.2	0.27
Feb-84	273.18		69.3	4.34	755.9	480.3	542.4	62.1	128.1	85.4	3271.3	32.7	6.0	1.5	7.5	0.54
Mar-84	118.61		56.2	2.37	598.9	462.9	510.8	47.9	52.9	35.2	3273.8	32.7	2.5	1.5	4.0	0.48
Abr-84	335.06		59.3	3.78	797.9	492.3	546.3	54.0	151.0	100.7	3341.0	33.4	7.1	1.6	8.6	1.65
May-84	285.85		63.1	6.79	778.2	487.5	544.6	57.1	140.1	93.4	3400.4	34.0	6.6	1.6	8.2	0.04
Jun-84	181.18		68.5	5.09												

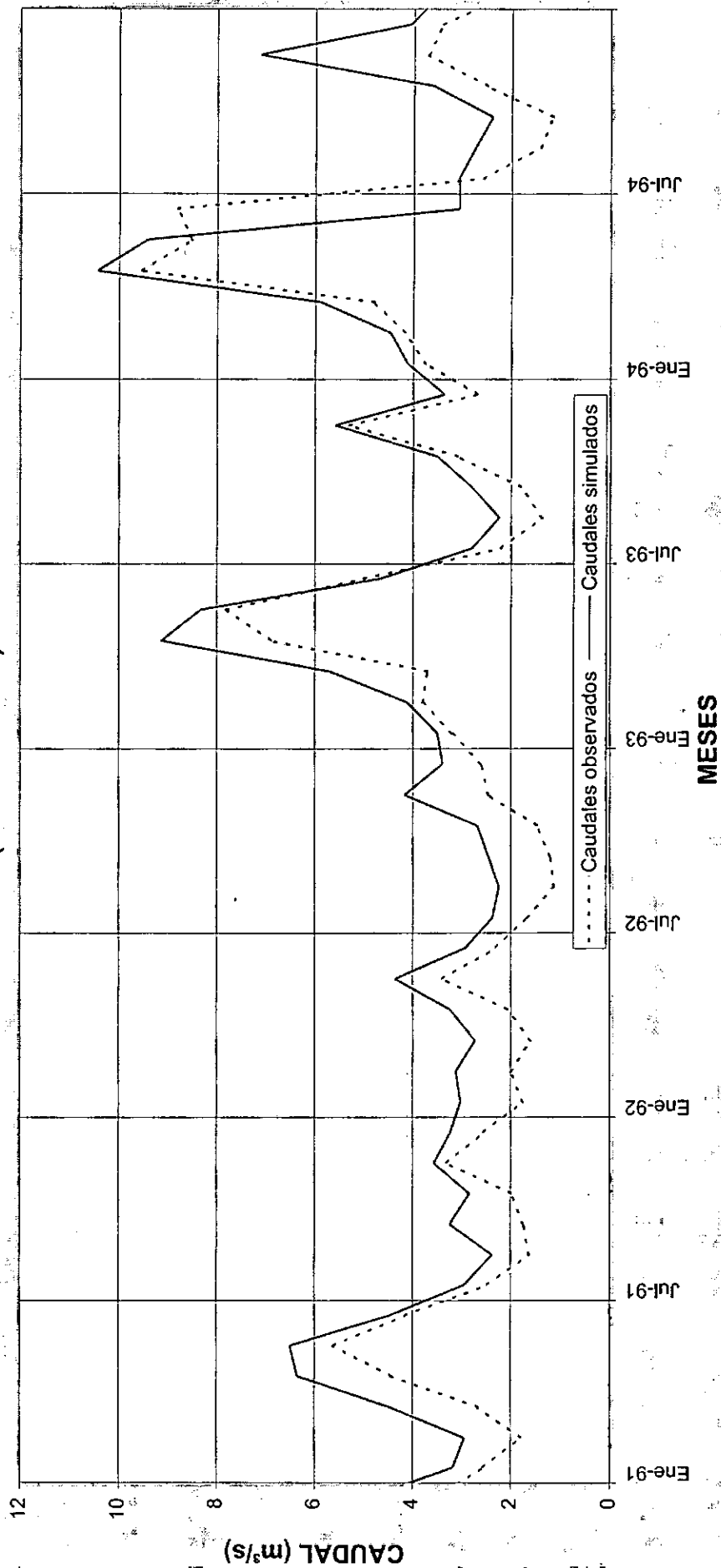
CALIBRACIÓN MODELO ABCD RIO CALI PRECIPITACION POR ISOYETAS

MES	P (mm)	P (m ³ /s)	EP (mm)	Ro (m ³ /s)	W (mm)	S (mm)	Y (mm)	E (mm)	DR (mm)	GR (mm)	G (mm)	GD (mm)	DR (m ³ /s)	GD (m ³ /s)	R (m ³ /s)	ERROR (m ³ /s) ²
Ene-70	63.33		89.1	2.44	498.3	393.4	459.9	66.5	23.1	15.4	25.1	0.3	1.1	0.0	1.1	0.31
Feb-70	75.63		106.1	3.17	469.0	364.8	439.4	74.6	17.7	11.8	36.6	0.4	0.8	0.0	0.8	0.54
Mar-70	117.78		99.5	3.98	482.6	377.2	449.2	72.0	20.0	13.4	49.5	0.5	0.9	0.0	1.0	0.58
Abr-70	248.15		101.3	5.21	625.4	434.7	519.2	84.6	63.7	42.5	91.0	0.9	3.0	0.0	3.0	0.18
May-70	205.33		79.9	6.11	640.0	454.7	523.2	68.4	70.1	46.7	136.4	1.4	3.3	0.1	3.3	0.20
Jun-70	162.17		96.2	5.14	616.9	436.4	516.7	80.3	80.1	40.1	174.7	1.7	2.8	0.1	2.9	0.19
Jul-70	91.92		98.4	3.03	528.3	402.5	478.4	75.9	30.0	20.0	192.8	1.9	1.4	0.1	1.5	0.26
Ago-70	88.74		124.1	2.62	491.3	366.1	455.2	89.0	21.7	14.4	205.1	2.1	1.0	0.1	1.1	0.33
Sep-70	101.57		83.7	3.00	467.7	378.6	438.5	59.9	17.5	11.7	214.7	2.1	0.8	0.1	0.9	0.48
Oct-70	202.36		127.2	4.49	580.9	403.2	504.0	100.8	46.2	30.8	243.0	2.4	2.2	0.1	2.3	0.24
Nov-70	228.86		63.4	6.75	633.0	466.5	521.3	54.8	67.0	44.7	284.9	2.8	3.1	0.1	3.3	0.27
Dic-70	108.10		58.5	2.94	574.6	452.5	501.4	48.9	43.9	29.3	311.1	3.1	2.1	0.1	2.2	0.06
Ene-71	63.33		70.4	3.40	515.8	416.2	471.0	54.8	26.9	17.9	325.7	3.3	1.3	0.2	1.4	0.34
Feb-71	194.36		89.4	3.56	610.6	440.0	514.7	74.7	57.5	38.3	360.5	3.6	2.7	0.2	2.9	0.04
Mar-71	428.06		91.1	3.64	688.0	469.5	550.9	81.4	190.3	126.9	482.5	4.8	8.9	0.2	9.1	2.28
Abr-71	218.59		84.2	4.82	688.1	460.0	533.3	73.3	92.9	61.9	539.1	5.4	4.3	0.3	4.6	0.00
May-71	302.05		82.9	5.72	762.1	469.5	543.1	73.5	131.4	87.6	620.4	6.2	6.2	0.3	6.4	0.02
Jun-71	135.97		88.6	4.43	605.5	439.2	513.1	73.8	55.5	37.0	650.9	6.5	2.6	0.3	2.9	0.12
Jul-71	86.57		102.1	3.21	505.8	388.6	464.7	76.2	24.6	16.4	680.7	6.6	1.2	0.3	1.5	0.30
Ago-71	164.03		98.9	2.28	552.6	413.0	491.3	78.2	36.8	24.5	678.5	6.8	1.7	0.3	2.0	0.01
Sep-71	191.14		100.8	2.63	604.2	429.6	512.6	83.0	54.9	36.6	708.0	7.1	2.6	0.3	2.9	0.01
Oct-71	302.24		86.6	4.10	731.6	463.6	539.7	76.1	115.3	76.8	777.1	7.8	5.4	0.4	5.8	0.16
Nov-71	192.46		81.4	5.10	658.1	456.9	527.0	70.1	77.5	51.6	820.5	8.2	3.6	0.4	4.0	0.05
Dic-71	158.90		75.4	4.13	615.8	452.4	516.4	64.0	59.6	39.8	851.8	8.5	2.8	0.4	3.2	0.05
Ene-72	226.39		79.6	3.40	688.8	463.9	533.4	69.5	93.2	62.2	904.9	9.0	4.4	0.4	4.8	0.17
Feb-72	90.02		100.0	3.58	553.9	412.8	491.9	79.1	37.2	24.8	920.5	9.2	1.7	0.4	2.2	0.15
Mar-72	147.15		93.5	3.64	559.9	420.0	494.8	74.8	39.1	26.0	937.1	9.4	1.8	0.4	2.3	0.14
Abr-72	227.59		84.2	4.82	647.6	452.9	525.0	72.1	73.5	49.0	976.4	9.8	3.4	0.5	3.9	0.04
May-72	231.90		77.3	5.72	684.8	465.2	532.7	67.5	91.3	60.8	1027.0	10.3	4.3	0.5	4.8	0.03
Jun-72	209.23		83.6	4.43	674.4	458.4	530.8	72.4	86.2	57.5	1073.7	10.7	4.0	0.5	4.5	0.00
Jul-72	78.26		98.4	3.21	537.8	406.9	483.5	76.7	32.5	21.6	1084.5	10.8	1.5	0.5	2.0	0.14
Ago-72	87.68		89.6	2.28	494.6	390.9	457.4	66.5	22.3	14.9	1088.4	10.9	1.0	0.5	1.6	0.10
Sep-72	63.79		83.7	2.63	484.7	389.1	450.6	61.6	20.4	13.6	1091.1	10.9	1.0	0.5	1.5	0.20
Oct-72	130.45		65.3	4.10	519.5	422.0	473.2	51.2	27.8	18.5	1098.7	11.0	1.3	0.5	1.8	0.31
Nov-72	200.89		80.1	5.10	622.9	450.5	518.5	68.0	62.6	41.8	1129.1	11.3	2.9	0.5	3.5	0.10
Dic-72	119.18		58.5	4.13	569.7	450.8	499.3	48.7	42.3	28.2	1145.9	11.5	2.0	0.5	2.5	0.15
Ene-73	37.78		77.9	3.40	488.4	395.3	453.2	57.9	21.1	14.1	1148.5	11.5	1.0	0.5	1.5	0.30
Feb-73	29.20		116.9	3.56	424.5	329.7	404.7	75.0	11.9	7.9	1144.9	11.4	0.6	0.5	1.1	0.48
Mar-73	154.30		99.6	2.09	484.0	378.0	450.2	72.1	20.3	13.5	1147.0	11.5	1.0	0.5	1.5	0.08
Abr-73	212.21		79.9	2.82	590.2	441.2	507.6	66.4	49.6	33.0	1168.4	11.7	2.3	0.5	2.9	0.00
May-73	276.83		71.3	3.17	718.2	474.7	537.9	63.2	108.2	72.1	1228.2	12.3	5.1	0.6	5.6	0.81
Jun-73	172.63		66.9	4.16	647.3	486.8	525.0	58.2	73.4	48.9	1264.5	12.6	3.4	0.6	4.0	0.00
Jul-73	139.13		86.2	3.51	606.9	441.2	513.2	72.0	55.8	37.1	1288.7	12.9	2.6	0.6	3.2	0.01
Ago-73	227.60		80.0	3.02	608.8	480.3	529.7	69.3	83.5	55.7	1331.0	13.3	3.9	0.6	4.5	0.25
Sep-73	212.87		80.1	4.30	673.3	481.0	530.6	69.5	85.7	57.1	1374.4	13.7	4.0	0.6	4.7	0.01
Oct-73	209.98		61.6	3.66	671.0	475.8	530.1	54.3	84.5	56.4	1416.6	14.2	4.0	0.7	4.6	0.07
Nov-73	373.28		64.7	6.25	849.1	490.8	548.8	59.0	179.6	119.7	1521.1	15.2	8.4	0.7	9.1	0.21
Dic-73	191.82		62.9	5.94	682.7	476.7	532.3	55.6	90.2	60.1	1565.6	15.7	4.2	0.7	5.0	0.03
Ene-74	157.19		62.0	3.40	633.9	467.8	521.6	53.7	67.4	44.9	1594.5	15.9	3.2	0.7	3.9	0.02
Feb-74	266.06		74.5	6.27	733.9	473.8	539.9	66.2	116.4	77.6	1655.6	16.6	5.4	0.8	6.2	0.00
Mar-74	255.44		70.5	7.05	729.2	478.6	539.4	62.8	113.9	75.9	1714.4	17.1	5.3	0.8	6.1	0.02
Abr-74	252.91		69.8	7.15	729.5	477.2	539.4	62.2	114.1	76.0	1772.7	17.7	5.3	0.8	6.2	0.02
May-74	211.52		74.8	8.50	688.8	467.9	533.4	65.4	93.2	62.2	1816.7	18.2	4.4	0.9	5.2	0.15
Jun-74	151.08		71.6	4.35	619.0	456.3	517.3	61.1	61.0	40.7	1838.9	18.4	2.9	0.9	3.7	0.02
Jul-74	75.99		86.2	3.30	532.3	413.2	480.6	67.4	31.0	20.7	1841.2	18.4	1.5	0.9	2.3	0.09
Ago-74	102.04		90.3	2.77	515.2	401.7	470.6	68.9	26.7	17.8	1840.6	18.4	1.3	0.9	2.1	0.06
Sep-74	200.29		93.8	2.96	602.0	434.2	511.9	77.6	54.1	36.1	1858.1	18.6	2.5	0.9	3.4	0.02
Oct-74	250.74		68.0	4.58	685.0	472.9	532.7	59.9	91.3	60.9	1900.0	19.0	4.3	0.9	5.2	0.02
Nov-74	249.42		65.7	5.65	722.3	479.9	538.5	58.6	110.3	73.5	1954.0	19.5	5.2	0.9	6.1	0.01
Dic-74	67.49		69.3	3.02	547.3	432.7	488.6	55.9	35.2	23.5	1957.9	19.6	1.6	0.9	2.6	0.02
Ene-75	96.89		72.5	3.03	529.6	421.9	479.1	57.2	30.3	20.2	1958.5	19.6	1.4	0.9	2.3	0.05
Feb-75	218.14		70.8	4.66	640.0	462.0	523.2	61.1	70.1	46.8	1985.4	19.9	3.3	0.9	4.2	0.01
Mar-75	161.20		80.0	5.47	623.2	450.7	518.6	67.9	62.8	41.9	2007.2	20.1	2.9	0.9	3.9	0.08
Abr-75	149.89		72.1	4.34	600.6	450.6	511.4	60.8	53.5	35.7	2022.7	20.2	2.5	0.9	3.5	0.04
May-75	320.28		87.9	6.36	770.9	466.2	543.9	77.7	136.2	90.8	2092.5	20.9	6.4	1.0	7.4	0.02
Jun-75	167.92		70.3	4.72	634.1	461.1	521.6	60.5	67.5	45.0	2116.3	21.2	3.2	1.0	4.2	0.01
Jul-75	213.03		81.5	5.17	674.1	460.0	530.7	70.7	86.1	57.4	2152.2	21.5	4.0	1.0	5.0	0.00
Ago-75	213.26		77.6	4.70	673.3	463.0	530.6	67.6	85.6	57.1	2187.4	21.9	4.0	1.0	5.0	0.01
Sep-75	164.62		84.8	5.01	627.6	448.0	519.8	71.8	64.7	43.1	2208.4	22.1	3.0	1.0	4.1	0.04
Oct-75	337.88		60.3	5.57	785.9	490.5	545.3	54.7	144.4	96.2	2281.8	22.8	6.8	1.1	7.8	0.16
Nov-75	290.81		63.4	7.87	781.4	487.8	544.9	57.3	141.9	94.6	2352.9	23.5	6.8	1.1	7.7	0.00
Dic-75	289.71		58.5	8.58	777.3	491.4	544.5	53.1	139.7	93.1	2421.8	24.2	6.5	1.1	7.7	0.01
Ene-76	129.44		76.6	3.88	620.8	452.8	517.9	65.1	61.8	41.2	2438.6	24.4	2.9	1.1	4.0	0.00
Feb-76	141.16		87.4	4.84	594.0	436.6	509.0	72.4	51.0	34.0	2448.1	24.5	2.4	1.1	3.5	0.06
Mar-76	247.63		83.0	5.29	684.3	460.4	532.6	72.2	91.0	60.7	2483.9	24.8	4.3	1.2	5.4	0.00
Abr-76	242.93		68.8	5.71	703.3	474.8	535.7	60.9	100.6	67.0	2525.7	25.3	4.7	1.2	5.9	0.00
May-76	209.51		65.3	9.10	684.4	475.0	532.6	57.6	91.0	60.7	2560.8	25.6	4.3	1.2	5.5	0.16
Jun-76																

CALIBRACIÓN MODELO ABCD RIO CALI PRECIPITACION POR ISOYETAS

MES	P (mm)	P (m³/s)	EP (mm)	Ro (m³/s)	W (mm)	S (mm)	Y (mm)	E (mm)	DR (mm)	GR (mm)	G (mm)	GD (mm)	DR (m³/s)	GD (m³/s)	R (m³/s)	ERROR (m³/s)¹
Ene-86	280.91		65.5	5.62	734.3	481.4	540.0	58.6	116.6	77.7	3622.5	36.2	5.5	1.7	7.2	0.07
Feb-86	137.91		66.6	6.66	619.3	460.4	517.4	57.1	61.1	40.7	3626.9	36.3	2.9	1.7	4.6	0.10
Mar-86	121.42		68.9	5.11	581.8	446.9	504.3	57.4	46.5	31.0	3621.7	36.2	2.2	1.7	3.9	0.06
Abr-86	232.75		67.1	4.82	679.6	472.7	531.8	59.1	88.7	59.2	3644.4	36.4	4.2	1.7	5.9	0.06
May-86	171.38		67.4	3.83	644.1	485.7	524.2	58.5	71.9	48.0	3655.8	36.6	3.4	1.7	5.1	0.11
Jun-86	151.63		72.0	3.57	617.3	455.5	516.8	61.3	80.3	40.2	3659.4	36.6	2.8	1.7	4.5	0.07
Jul-86	7.08		82.4	2.55	462.6	376.2	434.7	58.5	16.8	11.2	3634.2	36.3	0.8	1.7	2.5	0.00
Ago-86	78.89		83.1	1.91	453.0	369.4	427.4	58.0	15.4	10.3	3608.4	36.1	0.7	1.7	2.4	0.07
Sep-86	92.48		88.2	2.03	461.9	371.9	434.1	62.3	16.6	11.1	3583.7	35.8	0.8	1.7	2.5	0.04
Oct-86	383.79		52.6	6.21	755.7	494.6	542.4	47.8	128.0	85.3	3632.6	36.3	6.0	1.7	7.7	0.06
Nov-86	296.24		55.7	6.99	790.9	494.9	545.7	50.8	147.1	98.1	3693.8	36.9	6.9	1.7	8.6	0.05
Dic-86	31.00		60.3	3.93	525.9	429.2	477.0	47.9	29.4	19.6	3676.6	36.8	1.4	1.7	3.1	0.04
Ene-87	96.91		70.7	2.79	526.1	421.4	477.1	55.7	29.4	19.6	3659.6	36.6	1.4	1.7	3.1	0.01
Feb-87	100.78		92.9	2.66	522.2	403.4	474.8	71.4	28.4	18.9	3642.1	36.4	1.3	1.7	3.0	0.02
Mar-87	144.65		80.1	2.31	548.1	424.9	489.0	64.1	35.4	23.8	3629.4	36.3	1.7	1.7	3.4	0.21
Abr-87	253.86		68.7	3.68	678.8	471.2	531.6	60.4	88.3	58.9	3651.8	36.5	4.1	1.7	5.8	0.34
May-87	175.27		62.5	4.57	646.5	470.3	524.8	54.5	73.0	48.7	3663.8	36.6	3.4	1.7	5.1	0.02
Jun-87	109.78		75.9	2.95	590.0	440.8	503.6	62.8	45.9	30.6	3657.8	36.6	2.1	1.7	3.9	0.10
Jul-87	108.39		76.4	1.96	549.2	428.1	489.6	61.4	35.8	23.8	3645.2	36.5	1.7	1.7	3.4	0.53
Ago-87	93.08		89.0	2.74	521.2	405.7	474.2	68.5	28.2	18.8	3627.7	36.3	1.3	1.7	3.0	0.01
Sep-87	180.86		88.7	2.60	586.4	433.2	506.1	72.9	48.1	32.1	3623.6	36.2	2.3	1.7	4.0	0.27
Oct-87	270.04		54.2	5.10	703.2	487.2	535.7	48.6	100.5	67.0	3654.1	36.5	4.7	1.7	6.4	0.07
Nov-87	223.27		59.3	5.04	710.4	483.8	536.8	53.0	104.2	69.4	3686.6	36.9	4.9	1.7	6.8	0.10
Dic-87	176.90		67.5	6.06	660.7	469.0	528.0	59.0	79.6	53.1	3702.7	37.0	3.7	1.7	5.5	0.01
Ene-88	62.56		72.1	2.81	531.6	423.2	480.2	57.0	30.8	20.5	3686.4	36.9	1.4	1.7	3.2	0.02
Feb-88	94.02		80.4	2.99	517.2	409.8	471.8	82.0	27.2	18.1	3667.8	36.7	1.3	1.7	3.0	0.00
Mar-88	94.30		95.9	2.38	504.1	391.9	463.7	71.8	24.3	15.2	3647.5	36.5	1.1	1.7	2.8	0.04
Abr-88	206.88		59.6	3.96	658.7	475.2	527.6	52.4	78.7	52.5	3663.4	36.6	3.7	1.7	5.4	0.13
May-88	208.70		75.9	4.94	683.9	466.1	532.5	66.4	90.8	60.5	3687.0	36.9	4.3	1.7	6.0	0.04
Jun-88	249.97		63.8	6.89	716.1	480.7	537.8	56.9	107.1	71.4	3721.2	37.2	5.0	1.7	6.8	0.00
Jul-88	125.53		80.6	5.15	606.3	445.6	513.3	67.7	55.8	37.2	3721.2	37.2	2.6	1.7	4.4	0.02
Ago-88	131.06		70.8	3.18	576.7	443.6	502.2	58.7	44.7	29.8	3713.8	37.1	2.1	1.7	3.8	0.04
Sep-88	129.85		71.7	4.58	573.4	441.7	500.9	59.2	43.5	29.0	3705.8	37.1	2.0	1.7	3.8	0.03
Oct-88	186.65		55.8	5.50	828.3	471.6	520.0	48.5	65.0	43.3	3712.0	37.1	3.0	1.7	4.8	0.02
Nov-88	326.17		58.4	7.28	797.8	493.1	546.3	53.2	150.9	100.6	3774.8	37.7	7.1	1.8	8.8	0.05
Dic-88	207.73		50.9	5.97	700.8	489.6	535.4	45.8	99.3	66.2	3803.0	38.0	4.6	1.8	6.4	0.01
Ene-89	193.34		61.6	4.06	682.9	477.9	532.4	54.5	80.3	60.2	3825.0	38.2	4.2	1.8	6.0	0.23
Feb-89	149.11		125.4	4.18	627.0	417.0	519.7	102.6	64.4	42.9	3829.6	38.3	3.0	1.8	4.8	0.02
Mar-89	95.58		88.4	3.21	512.6	401.7	469.0	67.4	26.1	17.4	3808.9	38.1	1.2	1.8	3.0	0.00
Abr-89	133.67		71.0	2.38	535.3	425.8	482.3	56.5	31.8	21.2	3792.2	37.9	1.5	1.8	3.3	0.14
May-89	262.18		74.8	4.99	688.0	467.7	533.2	65.6	82.8	61.9	3818.0	38.2	4.3	1.8	6.1	0.05
Jun-89	193.96		80.4	5.09	661.6	458.7	528.2	69.4	80.1	53.4	3831.0	38.3	3.7	1.8	5.5	0.01
Jul-89	21.79		91.6	2.00	480.5	381.3	447.7	66.4	19.7	13.1	3806.1	38.1	0.9	1.8	2.7	0.12
Ago-89	103.08		91.8	1.56	484.4	383.5	450.4	67.0	20.4	13.6	3781.8	37.8	1.0	1.8	2.7	0.55
Sep-89	126.79		80.2	1.70	510.3	406.2	467.6	61.3	25.6	17.1	3761.3	37.6	1.2	1.8	3.0	0.55
Oct-89	267.75		72.8	3.76	674.0	467.1	530.7	63.6	86.0	57.3	3780.8	37.8	4.0	1.8	5.8	0.29
Nov-89	154.85		71.2	4.37	621.9	457.3	518.2	60.9	62.2	41.5	3784.5	37.8	2.9	1.8	4.7	0.01
Dic-89	84.08		64.8	3.18	541.4	433.4	485.6	52.2	33.5	22.3	3769.1	37.7	1.6	1.8	3.3	0.00
Ene-90	123.93		66.1	3.22	557.3	439.6	493.6	54.0	38.3	25.5	3757.0	37.6	1.8	1.8	3.6	0.01
Feb-90	164.15		53.6	3.55	603.7	466.5	512.4	46.0	54.8	36.5	3756.0	37.6	2.6	1.8	4.3	0.05
Mar-90	139.37		67.3	3.56	605.9	456.0	513.2	57.2	55.6	37.1	3755.5	37.6	2.6	1.8	4.4	0.05
Abr-90	220.17		50.3	4.88	676.2	486.3	531.1	44.8	87.0	58.0	3775.8	37.8	4.1	1.8	5.8	0.04
May-90	127.76		45.4	4.55	614.1	476.3	515.8	39.5	58.9	39.3	3777.3	37.8	2.8	1.8	4.5	0.00
Jun-90	64.18		61.8	2.15	540.5	435.2	485.1	49.8	33.3	22.2	3781.8	37.6	1.6	1.8	3.3	0.30
Jul-90	36.00		66.3	1.36	471.2	392.6	441.1	48.4	18.1	12.1	3736.5	37.4	0.8	1.7	2.6	0.82
Ago-90	31.63		56.5	1.09	424.3	366.3	404.5	38.2	11.9	7.9	3707.4	37.1	0.6	1.7	2.3	1.22
Sep-90	95.77		64.3	1.15	462.1	387.9	434.3	46.3	16.7	11.1	3681.7	36.8	0.8	1.7	2.5	1.40
Oct-90	270.59		37.4	3.32	658.5	494.1	527.5	33.5	78.6	52.4	3697.1	37.0	3.7	1.7	5.4	0.40
Nov-90	189.27		44.1	5.97	683.3	492.8	532.4	39.6	90.5	60.4	3720.3	37.2	4.2	1.7	6.0	0.00
Dic-90	141.25		33.4	3.53	634.1	492.0	521.6	29.7	67.5	45.0	3728.0	37.3	3.2	1.7	4.9	0.15

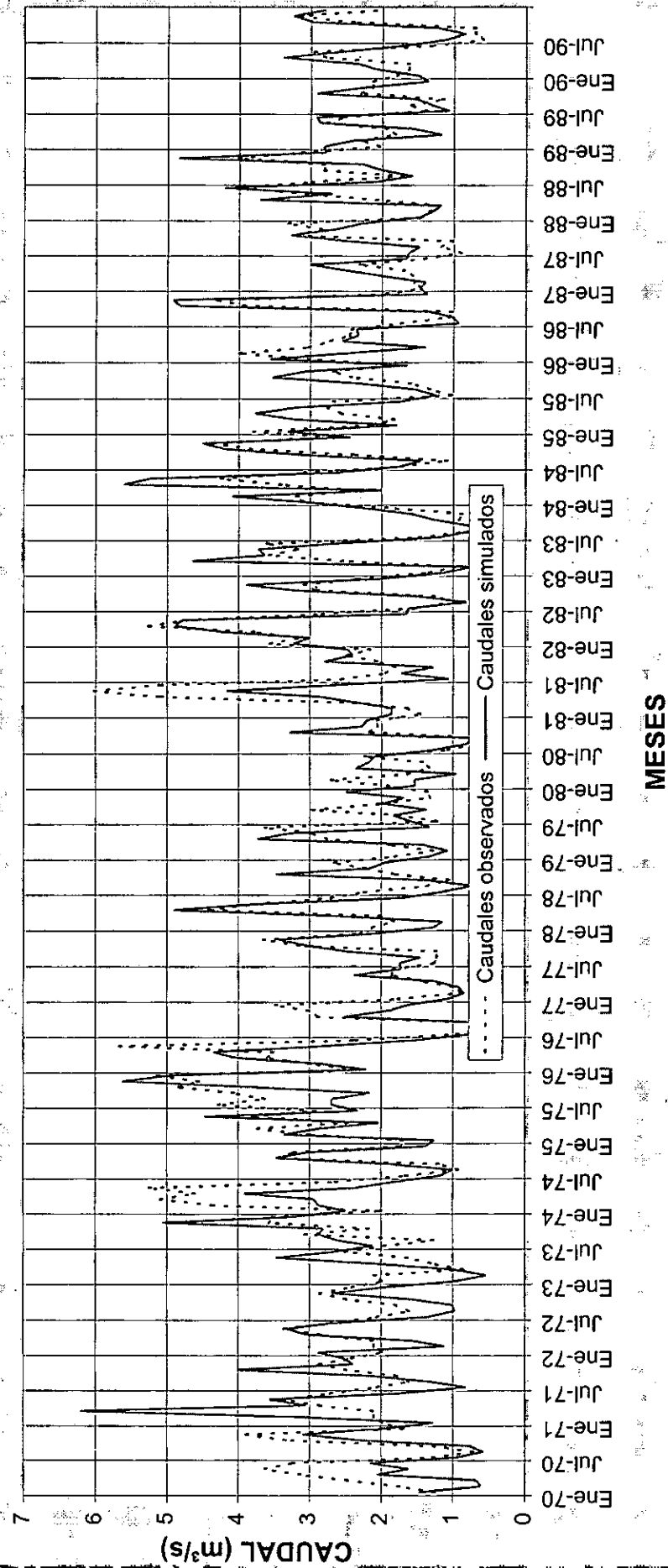
VALIDACIÓN MODELO ABCD RÍO CALI
PRECIPITACIÓN POR MÉTODO DE ISOYETAS
(ENE/91-DIC/94)



VALIDACIÓN MODELO ABCD RIO CALI PRECIPITACION POR ISOYETAS

MES	P (mm)	P (m ³ /s)	EP (mm)	Ro (m ³ /s)	W (mm)	S (mm)	Y (mm)	E (mm)	DR (mm)	GR (mm)	G (mm)	GD (mm)	DR (m ³ /s)	GD (m ³ /s)	R (m ³ /s)	ERROR (m ³ /s) ²
Ene-81	39.31		66.1	2.55	531.3	427.5	480.0	52.5	30.7	20.5	3711.3	37.1	1.4	1.7	3.2	0.06
Feb-81	84.11		51.1	1.80	511.6	428.3	468.4	40.2	25.9	17.3	3691.7	36.9	1.2	1.7	2.9	0.40
Mar-81	183.70		68.8	2.68	612.0	456.6	515.2	58.6	58.1	38.7	3693.5	36.9	2.7	1.7	4.4	0.45
Abr-81	242.26		65.3	4.43	698.9	477.1	535.0	57.9	98.3	65.5	3721.8	37.2	4.6	1.7	6.3	0.19
May-81	227.53		49.8	5.61	704.7	491.1	536.0	44.8	101.2	67.5	3751.8	37.5	4.7	1.8	8.5	0.03
Jun-81	120.16		77.6	4.14	611.3	449.4	514.9	65.5	57.8	38.5	3752.8	37.5	2.7	1.8	4.5	0.01
Jul-81	80.93		80.7	2.46	510.3	405.9	467.6	61.7	25.6	17.1	3732.5	37.3	1.2	1.7	2.9	0.04
Ago-81	34.10		89.0	1.63	440.0	356.9	417.2	60.3	13.7	9.1	3704.6	37.0	0.6	1.7	2.4	0.21
Sep-81	180.32		90.8	1.74	537.2	412.2	483.3	71.1	32.3	21.6	3689.3	36.9	1.5	1.7	3.2	0.74
Oct-81	90.70		68.2	1.99	502.9	410.7	452.9	52.2	24.0	16.0	3668.6	36.7	1.1	1.7	2.8	0.18
Nov-81	150.72		53.8	3.30	561.4	450.9	495.5	44.6	39.5	26.4	3658.4	36.6	1.9	1.7	3.6	0.01
Dic-81	86.85		60.0	2.54	537.7	435.3	483.6	48.3	32.5	21.7	3643.6	36.4	1.5	1.7	3.2	0.07
Ene-82	86.70		67.5	1.75	522.0	421.7	474.7	53.0	28.4	18.9	3626.2	36.3	1.3	1.7	3.0	0.53
Feb-82	108.50		65.2	2.01	530.2	427.6	479.4	51.8	30.4	20.3	3610.4	36.1	1.4	1.7	3.1	0.31
Mar-82	67.27		86.6	1.59	494.8	393.1	457.6	64.5	22.4	14.9	3589.4	35.9	1.0	1.7	2.7	0.51
Abr-82	147.82		73.4	2.07	540.9	426.7	485.3	58.6	33.4	22.2	3575.9	35.8	1.6	1.7	3.2	0.32
May-82	183.35		73.4	3.39	610.0	452.4	514.5	62.2	57.3	38.2	3578.3	35.8	2.7	1.7	4.4	0.08
Jun-82	63.25		84.5	2.30	515.6	406.0	470.9	64.9	26.8	17.9	3560.6	35.6	1.3	1.7	2.9	0.07
Jul-82	46.19		70.8	1.68	452.2	376.9	426.7	49.9	15.3	10.2	3535.4	35.4	0.7	1.7	2.4	0.17
Ago-82	55.46		97.0	1.12	432.4	346.7	411.1	64.4	12.8	8.5	3508.8	35.1	0.6	1.6	2.2	1.00
Sep-82	121.47		79.4	1.20	468.2	381.8	438.8	57.0	17.6	11.7	3485.7	34.9	0.8	1.6	2.5	1.10
Oct-82	114.07		75.1	1.48	495.9	401.7	458.3	56.6	22.6	15.0	3466.1	34.7	1.1	1.6	2.7	0.66
Nov-82	200.77		73.4	2.46	602.5	450.2	512.0	61.9	54.3	36.2	3467.6	34.7	2.5	1.6	4.2	0.48
Dic-82	105.58		59.0	2.60	555.7	444.4	492.8	48.4	37.6	25.2	3458.2	34.6	1.8	1.6	3.4	0.09
Ene-83	119.17		85.6	3.20	563.8	442.5	486.5	54.0	40.2	26.8	3450.5	34.5	1.9	1.6	3.5	0.01
Feb-83	157.54		67.9	3.80	600.0	453.8	511.2	57.4	53.3	35.5	3451.6	34.5	2.5	1.6	4.1	0.01
Mar-83	221.74		78.0	3.70	675.6	463.1	531.0	67.9	86.7	57.8	3474.6	34.7	4.1	1.6	5.7	0.29
Abr-83	350.39		55.9	6.90	813.4	496.3	547.5	51.1	159.6	106.4	3545.6	35.5	7.5	1.7	9.1	0.10
May-83	284.97		55.7	7.80	781.3	494.1	544.9	50.7	141.9	94.6	3604.1	36.0	6.6	1.7	8.3	0.00
Jun-83	130.36		71.6	5.00	624.5	457.7	519.0	61.3	63.3	42.2	3610.2	36.1	3.0	1.7	4.7	0.00
Jul-83	44.35		80.0	2.20	502.0	401.8	462.3	60.6	23.8	15.9	3590.2	35.9	1.1	1.7	2.8	0.07
Ago-83	25.68		97.8	1.37	427.4	342.9	407.1	64.2	12.2	8.1	3562.7	35.6	0.6	1.7	2.2	0.40
Sep-83	162.02		59.9	1.80	504.9	417.9	464.2	46.3	24.4	16.3	3543.6	35.4	1.1	1.7	2.8	0.31
Oct-83	143.72		37.6	3.10	561.6	464.0	495.6	31.6	39.6	26.4	3534.6	35.3	1.9	1.7	3.5	0.02
Nov-83	205.42		40.7	5.30	669.4	493.3	529.8	36.5	83.8	55.8	3554.9	35.5	3.9	1.7	5.6	0.00
Dic-83	57.65		33.7	2.70	550.9	462.3	490.4	28.1	36.3	24.2	3543.7	35.4	1.7	1.7	3.4	0.06
Ene-84	135.69		36.6	3.74	598.0	478.7	510.5	31.8	52.5	35.0	3543.3	35.4	2.5	1.7	4.1	0.01
Feb-84	137.74		50.1	4.18	616.4	473.1	516.6	43.4	59.9	40.0	3547.7	35.5	2.8	1.7	4.5	0.00
Mar-84	209.05		80.9	4.79	682.2	461.8	532.2	70.4	90.0	60.0	3572.0	35.7	4.2	1.7	5.9	0.05
Abr-84	399.68		66.5	9.53	861.5	489.8	550.5	60.7	186.6	124.4	3659.8	36.6	8.7	1.7	10.5	0.01
May-84	331.39		85.1	8.52	821.2	472.0	548.0	76.0	163.9	109.3	3731.8	37.3	7.7	1.7	9.4	0.01
Jun-84	49.37		44.1	8.81	521.4	439.0	474.3	35.3	28.2	18.8	3713.4	37.1	1.3	1.7	3.1	0.43
Jul-84	84.11		90.1	2.56	523.1	406.8	475.4	69.5	28.7	19.1	3695.6	37.0	1.3	1.7	3.1	0.04
Ago-84	85.65		85.4	1.42	491.5	392.0	455.3	63.3	21.7	14.5	3673.3	36.7	1.0	1.7	2.7	0.85
Sep-84	55.06		67.1	1.17	447.1	375.8	422.8	47.0	14.6	9.7	3646.6	36.5	0.7	1.7	2.4	1.10
Oct-84	188.44		72.6	2.51	564.2	437.4	496.8	59.4	40.5	27.0	3637.2	36.4	1.9	1.7	3.6	0.19
Nov-84	294.79		64.9	3.70	732.2	481.7	539.7	58.1	115.5	77.0	3677.4	36.8	5.4	1.7	7.1	0.86
Dic-84	109.76		44.0	3.40	591.4	470.3	506.1	37.8	50.0	33.3	3674.0	36.7	2.3	1.7	4.1	0.04
Ene-85	83.25		75.3	2.01	553.6	430.9	491.8	60.8	37.1	24.7	3662.1	36.6	1.7	1.7	3.5	0.51
Feb-85	16.00		71.5	1.44	446.9	372.9	422.7	49.8	14.6	9.7	3635.4	36.4	0.7	1.7	2.4	0.43
Mar-85	210.47		80.9	1.73	583.3	438.2	505.0	66.8	47.0	31.4	3630.5	36.3	2.2	1.7	3.9	1.58
Abr-85	187.44		65.9	1.54	625.6	462.6	519.3	56.7	63.8	42.5	3636.7	36.4	3.0	1.7	4.7	4.15
May-85	226.94		68.6	2.78	689.6	473.1	533.5	60.5	93.6	62.4	3662.4	36.6	4.4	1.7	6.1	1.43
Jun-85	262.27		73.1	4.73	735.3	475.1	540.1	65.0	117.1	78.1	3703.5	37.0	5.5	1.7	7.2	0.28
Jul-85	144.72		85.3	1.29	618.8	445.6	517.6	72.0	61.3	40.9	3707.3	37.1	2.9	1.7	4.6	6.55
Ago-85	102.01		77.8	0.90	547.7	426.5	488.8	62.3	35.3	23.5	3693.9	36.9	1.7	1.7	3.4	7.66
Sep-85	99.58		80.9	6.09	526.0	413.9	477.1	63.2	29.4	19.6	3676.7	36.8	1.4	1.7	3.1	0.24
Oct-85	261.86		73.9	5.18	675.6	466.4	531.0	64.6	86.8	57.9	3697.7	37.0	4.1	1.7	5.8	0.01
Nov-85	148.25		73.8	3.17	614.7	453.3	516.0	62.7	59.2	39.5	3700.1	37.0	2.8	1.7	4.5	0.18
Dic-85	182.86		59.9	4.80	636.2	470.1	522.2	52.1	68.4	45.6	3708.6	37.1	3.2	1.7	4.9	0.00
Ene-86	97.37		57.3	2.04	567.5	450.6	498.3	47.7	41.5	27.7	3699.3	37.0	1.9	1.7	3.7	0.64
Feb-86	115.37		60.4	3.20	568.0	447.5	497.6	50.0	41.0	27.4	3689.8	36.9	1.9	1.7	3.6	0.02
Mar-86	324.00		65.0	7.80	771.5	485.4	544.0	58.6	136.5	91.0	3743.4	37.4	6.4	1.8	8.1	0.01
Abr-86	185.03		81.0	5.40	670.4	459.7	530.0	70.2	84.2	56.2	3761.9	37.6	3.9	1.8	5.7	0.00
May-86	291.84		64.4	9.10	751.6	484.1	542.0	57.9	125.8	83.8	3807.7	38.1	5.9	1.8	7.7	0.02
Jun-86	222.05		75.8	5.90	706.1	469.4	536.2	66.8	102.0	68.0	3837.3	38.4	4.8	1.8	6.6	0.01
Jul-86	132.30		113.6	4.80	601.7	419.3	511.7	92.5	53.9	38.0	3834.9	38.3	2.5	1.8	4.3	0.01
Ago-86	75.39		81.9	1.50	494.7	396.2	457.5	61.2	22.3	14.9	3811.7	38.1	1.0	1.8	2.8	0.79
Sep-86	178.84		98.2	2.30	575.1	422.2	501.6	79.4	44.1	29.4	3803.0	38.0	2.1	1.8	3.8	0.45
Oct-86	203.65		72.6	4.30	625.8	457.3	518.3	62.1	63.9	42.6	3807.6	38.1	3.0	1.8	4.8	0.01
Nov-86	228.47		67.6	4.70	685.7	473.2	532.9	59.6	91.7	61.2	3830.4	38.3	4.3	1.8	6.1	0.09
Dic-86	207.35		61.3	4.90	680.6	477.7	531.9	54.2	89.2	59.5	3851.4	38.5	4.2	1.8	6.0	0.05

CALIBRACIÓN MODELO ABCD RÍO PICHINDÉ PRECIPITACIÓN POR MÉTODO DE ISOYETAS (ENE/70-DIC/90)



CALIBRACIÓN MODELO ABCD RIO PICHINDÉ PRECIPITACION POR ISOYETAS

MES	P (mm)	P (m³/s)	EP (mm)	Ro (m³/s)	W (mm)	S (mm)	Y (mm)	E (mm)	DR (mm)	GR (mm)	G (mm)	GD (mm)	DR (m³/s)	GD (m³/s)	R (m³/s)	ERROR (m³/s)²
Ene-70	108.58		110.1	1.25	416.6	244.1	321.4	77.3	76.2	19.0	191.8	2.7	1.4	0.1	1.5	0.03
Feb-70	58.27		130.3	1.74	302.3	191.2	264.7	73.6	30.1	7.5	196.6	2.8	0.6	0.1	0.6	0.42
Mar-70	120.47		120.9	2.46	311.6	200.0	270.6	70.6	32.8	8.2	201.9	2.8	0.6	0.1	0.7	0.53
Abr-70	270.85		121.4	3.12	470.9	249.4	337.8	88.4	106.4	26.8	225.4	3.2	2.0	0.1	2.1	0.12
May-70	179.67		92.9	3.63	429.1	258.2	325.8	67.5	82.7	20.7	242.7	3.4	1.5	0.1	1.6	0.31
Jun-70	220.49		111.3	3.24	478.6	257.2	339.7	82.5	111.1	27.8	288.7	3.7	2.1	0.1	2.2	0.11
Jul-70	97.44		112.0	1.28	354.6	222.8	294.8	72.0	47.9	12.0	274.9	3.8	0.9	0.1	1.0	0.06
Ago-70	66.97		141.9	0.71	289.8	179.9	256.5	76.6	26.6	6.7	277.6	3.9	0.5	0.1	0.6	0.04
Sep-70	143.67		97.7	1.24	323.6	217.8	277.8	60.2	36.8	9.2	282.8	4.0	0.7	0.1	0.8	0.15
Oct-70	272.96		148.9	3.33	490.6	236.1	342.5	106.5	118.4	29.6	308.1	4.3	2.2	0.1	2.3	0.10
Nov-70	319.16		75.2	3.88	555.2	283.8	354.6	60.8	160.5	40.1	343.4	4.8	3.0	0.1	3.1	0.04
Dic-70	164.84		71.9	1.68	458.6	279.5	334.6	55.1	99.2	24.8	363.2	5.1	1.9	0.1	2.0	0.03
Ene-71	108.58		87.0	1.99	368.1	249.6	310.3	60.7	62.2	15.6	373.5	5.2	1.2	0.1	1.3	0.13
Feb-71	307.77		109.8	2.10	557.4	269.7	354.8	85.2	162.0	40.5	408.3	5.7	3.0	0.1	3.1	0.25
Mar-71	510.69		110.8	2.11	780.4	284.2	374.9	90.7	324.4	81.1	482.6	6.8	6.1	0.1	6.2	3.76
Abr-71	263.59		101.0	2.85	547.7	274.5	353.4	78.9	155.5	38.9	514.3	7.2	2.9	0.1	3.0	0.00
May-71	312.39		96.6	3.36	586.9	282.0	359.0	77.0	182.3	45.6	552.1	7.7	3.4	0.1	3.6	0.00
Jun-71	152.82		102.5	2.71	434.8	253.5	327.5	74.0	85.8	21.5	565.7	7.9	1.8	0.1	1.8	0.12
Jul-71	66.65		118.1	2.06	320.1	206.3	275.7	69.5	35.5	8.9	568.8	7.9	0.7	0.1	0.8	0.37
Ago-71	184.48		113.2	1.61	390.8	234.6	311.4	76.8	63.5	15.8	574.5	8.0	1.2	0.2	1.3	0.03
Sep-71	236.09		117.6	1.78	470.7	251.8	337.8	86.0	106.4	26.6	592.7	8.3	2.0	0.2	2.1	0.04
Oct-71	368.00		101.4	2.48	619.8	281.6	362.8	81.2	205.5	51.4	635.2	8.9	3.8	0.2	4.0	0.38
Nov-71	208.54		96.4	2.86	490.2	269.1	342.4	73.3	118.2	29.5	656.6	9.2	2.2	0.2	2.4	0.03
Dic-71	231.90		92.8	2.41	501.0	273.4	344.8	71.4	125.0	31.2	677.4	9.5	2.3	0.2	2.5	0.00
Ene-72	257.27		98.4	1.99	530.7	274.1	350.5	76.5	144.1	36.0	703.5	9.8	2.7	0.2	2.9	0.20
Feb-72	84.64		122.9	2.10	358.7	218.3	296.8	78.5	49.5	12.4	706.0	9.9	0.9	0.2	1.1	0.22
Mar-72	164.80		113.5	2.11	413.1	241.0	320.1	79.1	74.4	18.6	714.6	10.0	1.4	0.2	1.6	0.06
Abr-72	301.12		101.0	2.85	542.1	273.8	352.5	78.7	151.7	37.9	742.2	10.4	2.8	0.2	3.0	0.00
May-72	290.35		89.9	3.36	564.2	284.2	355.9	71.7	188.6	41.7	773.0	10.8	3.1	0.2	3.3	0.00
Jun-72	229.28		96.8	2.71	513.5	272.7	347.3	74.7	132.9	33.2	795.1	11.1	2.5	0.2	2.7	0.00
Jul-72	113.00		111.8	2.06	385.7	233.8	309.3	75.4	61.1	15.3	799.2	11.2	1.1	0.2	1.4	0.12
Ago-72	102.15		102.4	1.61	336.0	220.5	284.9	64.4	40.9	10.2	798.2	11.2	0.8	0.2	1.0	0.16
Sep-72	119.88		97.7	1.78	340.4	225.1	287.3	62.2	42.5	10.6	797.7	11.2	0.8	0.2	1.0	0.19
Oct-72	186.31		76.5	2.48	411.4	263.8	319.5	55.6	73.5	18.4	804.8	11.3	1.4	0.2	1.6	0.13
Nov-72	247.88		95.0	2.86	511.7	273.7	347.0	73.3	131.8	32.9	826.2	11.6	2.5	0.2	2.7	0.00
Dic-72	172.57		71.9	2.41	446.2	276.5	331.0	54.5	92.2	23.0	837.5	11.7	1.7	0.2	1.9	0.04
Ene-73	57.54		96.1	1.99	334.1	223.2	283.8	60.6	40.2	10.1	835.8	11.7	0.8	0.2	1.0	0.26
Feb-73	24.85		143.5	2.10	247.8	158.2	226.4	68.3	17.1	4.3	828.5	11.8	0.3	0.2	0.5	0.55
Mar-73	180.05		121.1	0.85	338.2	211.4	286.1	74.7	41.7	10.4	827.4	11.8	0.8	0.2	1.0	0.03
Abr-73	251.03		95.8	1.30	482.4	264.1	335.8	71.5	101.5	25.4	841.0	11.8	1.9	0.2	2.1	0.39
May-73	309.34		83.0	1.63	573.5	290.3	357.2	66.9	173.0	43.3	872.0	12.2	3.2	0.2	3.5	1.29
Jun-73	217.66		77.5	2.50	508.0	285.3	346.2	61.0	129.4	32.3	891.9	12.5	2.4	0.2	2.7	0.00
Jul-73	175.31		98.0	1.96	460.6	262.3	335.1	72.8	100.4	25.1	904.3	12.7	1.9	0.2	2.1	0.01
Ago-73	240.79		91.5	1.27	503.1	274.6	345.2	70.6	126.3	31.8	922.9	12.9	2.4	0.2	2.6	1.10
Sep-73	249.71		93.5	3.06	524.4	276.5	349.4	72.9	140.0	35.0	944.7	13.2	2.6	0.2	2.9	0.00
Oct-73	242.36		72.1	2.17	518.9	290.9	348.4	57.5	136.4	34.1	965.3	13.5	2.6	0.3	2.8	0.09
Nov-73	397.73		76.6	3.58	688.6	304.7	369.1	64.4	255.6	63.9	1015.0	14.2	4.8	0.3	5.1	0.17
Dic-73	248.17		77.3	3.52	552.9	291.9	354.2	62.3	159.0	39.7	1040.2	14.6	3.0	0.3	3.3	0.01
Ene-74	188.11		76.7	1.99	490.0	282.7	342.4	59.7	118.1	29.5	1054.9	14.8	2.2	0.3	2.5	0.06
Feb-74	239.41		91.5	4.35	522.1	277.6	348.0	71.4	138.5	34.6	1074.5	15.0	2.6	0.3	2.9	0.11
Mar-74	249.15		85.6	5.08	526.8	282.4	349.8	67.4	141.5	35.4	1094.6	15.3	2.7	0.3	2.9	0.18
Abr-74	320.20		83.6	4.60	602.6	292.9	360.9	68.0	193.4	48.3	1127.1	15.8	3.6	0.3	3.9	0.02
May-74	184.21		86.9	5.25	477.1	273.1	339.4	66.3	110.2	27.5	1138.7	15.9	2.1	0.3	2.4	0.30
Jun-74	150.55		82.7	2.64	423.6	263.3	323.8	60.5	79.8	20.0	1142.7	16.0	1.5	0.3	1.8	0.10
Jul-74	89.19		98.0	1.66	352.5	229.8	293.7	63.8	47.1	11.8	1138.5	15.9	0.9	0.3	1.2	0.08
Ago-74	96.91		103.4	0.92	326.7	215.9	279.6	63.7	37.7	9.4	1132.1	15.8	0.7	0.3	1.0	0.01
Sep-74	217.78		109.5	1.19	433.7	248.8	327.2	78.3	85.2	21.3	1137.5	15.9	1.6	0.3	1.9	0.35
Oct-74	318.75		79.6	3.45	567.6	292.0	356.4	64.3	169.0	42.2	1163.4	16.3	3.2	0.3	3.5	0.00
Nov-74	239.56		77.9	3.22	531.6	288.6	350.7	62.1	144.7	36.2	1183.0	16.6	2.7	0.3	3.0	0.00
Dic-74	88.03		85.3	1.73	376.7	246.7	305.3	58.6	57.1	14.3	1180.8	16.5	1.1	0.3	1.4	0.04
Ene-75	115.23		89.5	1.69	361.9	238.6	298.4	59.8	50.8	12.7	1177.0	16.5	1.0	0.3	1.3	0.06
Feb-75	319.63		87.0	3.00	556.2	285.6	355.0	69.4	162.6	40.6	1200.8	16.8	3.0	0.3	3.4	0.01
Mar-75	232.50		97.2	3.73	518.1	273.1	348.2	75.1	135.9	34.0	1217.8	17.0	2.5	0.3	2.9	0.05
Abr-75	171.67		86.4	2.46	444.8	266.4	330.6	64.2	91.4	22.8	1223.5	17.1	1.7	0.3	2.0	0.03
May-75	375.52		102.4	3.80	641.9	282.6	365.1	82.5	221.5	55.4	1261.2	17.7	4.1	0.3	4.5	0.03
Jun-75	187.77		81.3	2.92	470.4	275.6	337.7	62.1	106.2	26.5	1270.0	17.8	2.0	0.3	2.3	0.04
Jul-75	226.90		92.8	4.28	502.5	273.7	345.1	71.4	125.9	31.5	1283.5	18.0	2.4	0.3	2.7	0.14
Ago-75	228.24		88.8	3.62	501.9	276.3	345.0	68.7	125.5	31.4	1296.7	18.2	2.4	0.3	2.7	0.07
Sep-75	177.91		98.9	4.06	454.2	260.3	333.3	73.0	96.7	24.2	1302.8	18.2	1.8	0.3	2.2	0.22
Oct-75	332.00		70.7	4.84	592.3	301.4	359.7	58.3	186.1	46.5	1330.5	18.6	3.5	0.3	3.8	0.04
Nov-75	420.97		75.2	4.55	722.4	307.8	371.5	63.7	280.7	70.2	1361.4	19.3	5.3	0.4	5.6	0.06
Dic-75	306.21		72.1	5.14	674.0	307.3	367.9	60.7	244.9	61.2	1422.7	19.9	4.8	0.4	5.0	0.00
Ene-76	148.27		94.7	2.32	455.5	263.3	333.7	70.4	97.5	24.4	1427.0	20.0	1.8	0.4	2.2	0.00
Feb-76	246.87		107.5	2.98	510.2	265.0	346.7	81.7	130.8	32.7	1439.8	20.2	2.5	0.4	2.8	0.00
Mar-76	338.91		100.9	3.58	603.9	280.6	361.1	80.5	194.3	48.6	1467.6	20.5	3.6	0.4	4.0	0.02
Abr-76	346.94		82.4	3.50	627.5	295.9	363.7	67.7	211.1	52.8	1499.4	21.0	4.0	0.4	4.3	0.06
May-76	209.77		76.0	5.66	505.7	285.9	345.8	59.8	127.9	32.0	1510.2	21.1	2.4	0.4	2.8	0.28
Jun-76	9															

181

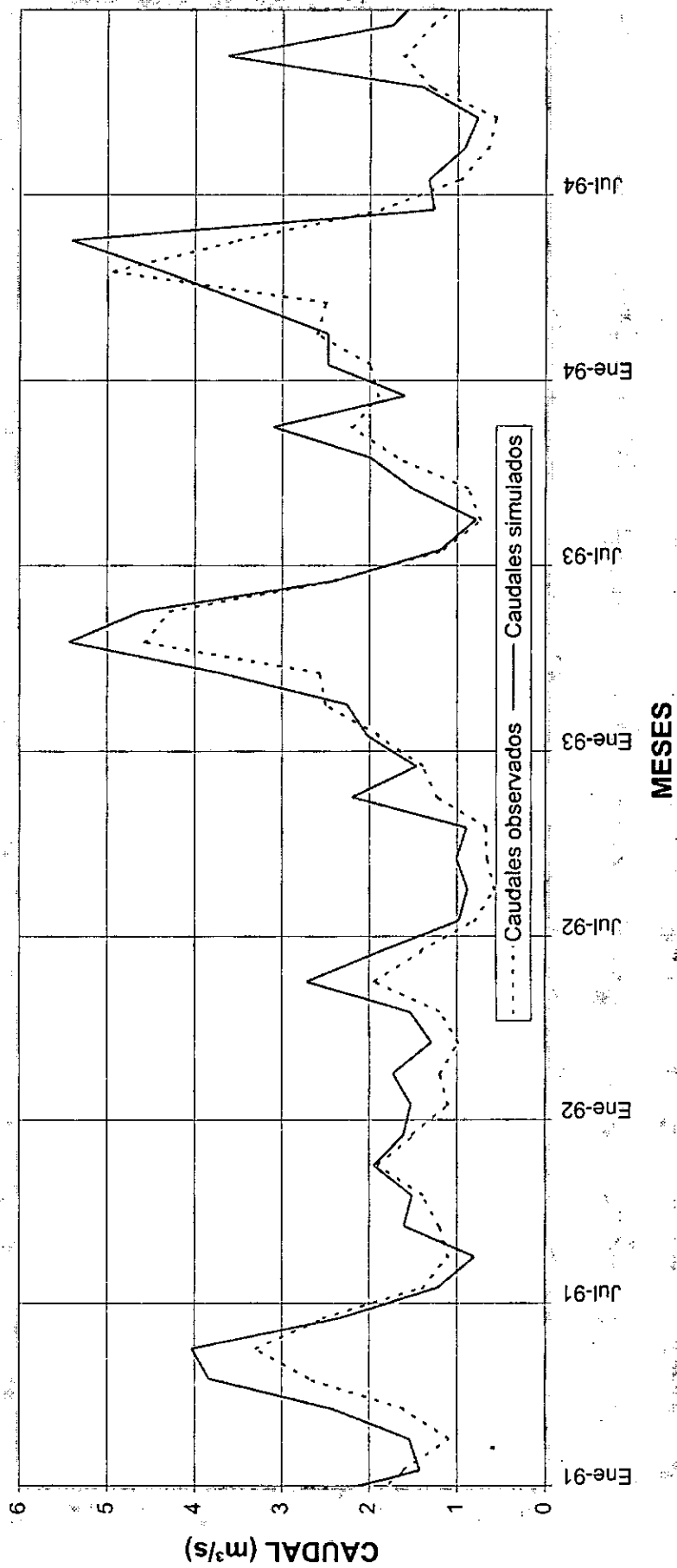
CALIBRACIÓN MODELO ABCD RIO PICHINDÉ PRECIPITACION POR ISOYETAS

MES	P (mm)	P (m ² /s)	EP (mm)	Ro (m ² /s)	W (mm)	S (mm)	Y (mm)	E (mm)	DR (mm)	GR (mm)	G (mm)	GD (mm)	DR (m ² /s)	GD (m ² /s)	R (m ² /s)	ERROR (m ² /s) ²
Oct-77	263.83		66.3	3.14	526.9	296.4	349.9	53.4	141.6	35.4	1435.7	20.1	2.7	0.4	3.0	0.00
Nov-77	262.64		89.7	3.65	559.1	283.8	355.1	71.4	163.1	40.8	1456.1	20.4	3.1	0.4	3.4	0.00
Dic-77	161.70		77.3	2.30	445.5	272.6	330.8	58.2	91.7	22.9	1458.7	20.4	1.7	0.4	2.1	0.01
Ene-78	81.09		92.2	2.13	353.7	233.7	294.3	60.8	47.5	11.9	1450.2	20.3	0.9	0.4	1.3	0.16
Feb-78	102.39		89.4	1.83	336.1	227.9	285.0	57.1	40.9	10.2	1440.3	20.2	0.8	0.4	1.1	0.14
Mar-78	268.04		108.4	2.01	495.9	262.1	343.7	61.6	121.8	30.4	1450.4	20.3	2.3	0.4	2.7	0.11
Abr-78	406.10		67.5	4.42	668.2	310.4	367.4	57.1	240.6	60.2	1489.7	20.9	4.5	0.4	4.9	0.01
May-78	274.24		67.9	3.77	584.6	302.7	358.7	56.0	180.7	45.2	1513.7	21.2	3.4	0.4	3.8	0.00
Jun-78	101.83		85.4	2.70	404.5	256.0	316.9	60.9	70.1	17.5	1510.1	21.1	1.3	0.4	1.7	0.13
Jul-78	80.08		106.6	2.24	336.0	218.3	284.9	66.6	40.9	10.2	1499.4	21.0	0.8	0.4	1.2	0.23
Ago-78	36.85		128.0	1.36	255.1	168.4	231.9	63.5	18.6	4.6	1483.2	20.8	0.3	0.4	0.7	0.21
Sep-78	166.30		122.7	1.06	364.7	220.6	299.7	79.2	52.0	13.0	1475.8	20.7	1.0	0.4	1.4	0.08
Oct-78	340.84		95.5	1.82	561.4	280.0	355.5	75.5	164.7	41.2	1495.8	20.9	3.1	0.4	3.5	0.84
Nov-78	170.69		85.9	2.21	450.7	268.1	332.3	64.2	94.7	23.7	1498.5	21.0	1.8	0.4	2.2	0.00
Dic-78	161.93		102.2	2.65	430.0	252.5	326.0	73.5	83.3	20.8	1498.3	21.0	1.6	0.4	2.0	0.07
Ene-79	109.08		87.0	1.81	361.5	239.9	298.2	58.3	50.7	12.7	1490.1	20.9	0.9	0.4	1.3	0.07
Feb-79	82.80		118.2	1.28	322.7	206.4	277.3	70.9	36.3	9.1	1478.5	20.7	0.7	0.4	1.1	0.03
Mar-79	166.60		120.9	1.87	372.9	224.4	303.6	79.2	55.5	13.9	1471.8	20.6	1.0	0.4	1.4	0.06
Abr-79	356.61		88.0	2.75	581.0	287.5	358.2	70.7	178.2	44.6	1495.4	20.9	3.3	0.4	3.7	0.13
May-79	256.77		88.4	2.98	544.3	282.9	352.8	69.9	153.2	38.3	1512.5	21.2	2.9	0.4	3.3	0.01
Jun-79	75.83		81.3	3.63	358.7	242.2	296.8	54.6	49.5	12.4	1503.8	21.1	0.9	0.4	1.3	0.40
Jul-79	148.74		117.5	1.22	391.0	232.2	311.5	79.3	63.6	15.9	1498.8	21.0	1.2	0.4	1.6	0.09
Ago-79	186.61		94.2	1.74	418.8	254.6	322.1	67.8	77.3	19.3	1497.1	21.0	1.4	0.4	1.8	0.00
Sep-79	110.95		98.9	2.96	365.5	234.3	300.1	65.8	52.3	13.1	1489.4	20.9	1.0	0.4	1.4	0.29
Oct-79	197.63		75.5	1.99	432.0	270.4	326.6	56.2	84.3	21.1	1489.6	20.9	1.6	0.4	2.0	0.00
Nov-79	132.36		77.9	1.32	402.8	260.2	316.2	56.0	89.2	17.3	1486.1	20.8	1.3	0.4	1.7	0.08
Dic-79	220.84		68.1	1.35	481.1	287.1	340.3	53.3	112.6	28.2	1493.3	20.9	2.1	0.4	2.5	0.72
Ene-80	98.05		93.5	1.89	385.1	244.6	309.0	64.4	60.9	15.2	1487.7	20.8	1.1	0.4	1.5	0.04
Feb-80	141.69		96.4	2.71	388.3	243.2	309.5	66.3	61.4	15.4	1482.3	20.8	1.2	0.4	1.5	0.19
Mar-80	58.99		114.0	1.84	302.2	199.0	264.7	65.7	30.0	7.5	1469.3	20.6	0.6	0.4	0.9	0.18
Abr-80	269.82		87.0	1.33	468.8	271.4	337.3	65.9	105.2	26.3	1474.9	20.6	2.0	0.4	2.4	0.59
May-80	180.36		84.0	1.42	451.7	269.6	332.6	63.0	95.3	23.8	1478.1	20.7	1.8	0.4	2.2	0.28
Jun-80	174.28		89.3	2.24	443.9	264.2	330.3	66.1	90.9	22.7	1480.0	20.7	1.7	0.4	2.1	0.00
Jul-80	90.62		110.7	1.08	354.9	223.8	294.9	71.3	48.0	12.0	1471.4	20.6	0.9	0.4	1.3	0.04
Ago-80	53.14		126.6	0.74	276.7	180.4	247.6	67.2	23.3	5.8	1456.9	20.4	0.4	0.4	0.8	0.01
Sep-80	72.32		120.0	0.67	252.7	170.5	230.1	59.6	18.1	4.5	1441.2	20.2	0.3	0.4	0.7	0.00
Oct-80	376.28		76.5	2.16	546.8	291.7	353.2	61.5	154.8	38.7	1459.5	20.4	2.9	0.4	3.3	0.27
Nov-80	169.42		63.8	2.06	461.2	285.8	335.3	49.5	100.7	25.2	1464.2	20.5	1.9	0.4	2.3	0.01
Dic-80	169.01		53.7	2.06	454.8	291.6	333.5	41.9	97.0	24.3	1467.9	20.6	1.8	0.4	2.2	0.00
Ene-81	130.67		83.3	1.45	422.3	262.5	323.3	60.8	79.1	19.8	1467.1	20.5	1.5	0.4	1.9	0.08
Feb-81	157.90		92.8	1.83	420.4	255.9	322.7	66.8	78.2	19.5	1466.2	20.5	1.5	0.4	1.8	0.02
Mar-81	211.02		103.4	2.36	466.9	260.1	336.8	76.7	104.1	26.0	1471.6	20.6	1.9	0.4	2.3	0.00
Abr-81	252.22		73.9	5.11	512.3	288.5	347.1	58.6	132.1	33.0	1483.8	20.8	2.5	0.4	2.9	0.19
May-81	325.64		74.8	6.02	614.2	300.5	362.2	61.8	201.6	50.4	1513.0	21.2	3.8	0.4	4.2	0.09
Jun-81	194.25		85.0	5.09	494.7	277.7	343.5	65.8	121.0	30.3	1522.0	21.3	2.3	0.4	2.7	0.23
Jul-81	41.82		78.7	2.56	319.6	226.2	275.4	49.2	35.3	8.8	1509.7	21.1	0.7	0.4	1.1	0.34
Ago-81	180.25		106.4	1.94	406.5	243.5	317.6	74.2	71.1	17.8	1506.4	21.1	1.3	0.4	1.7	0.01
Sep-81	108.97		88.0	1.81	352.4	235.7	293.6	58.0	47.0	11.8	1497.2	21.0	0.9	0.4	1.3	0.09
Oct-81	270.62		78.4	2.06	506.5	284.4	345.9	61.5	128.4	32.1	1508.2	21.1	2.4	0.4	2.8	0.13
Nov-81	188.03		64.4	2.48	472.4	287.9	338.2	50.3	107.4	26.8	1513.8	21.2	2.0	0.4	2.4	0.00
Dic-81	189.46		51.8	2.16	477.4	298.2	339.4	41.2	110.3	27.6	1520.1	21.3	2.1	0.4	2.5	0.02
Ene-82	242.42		71.6	3.56	540.6	294.5	352.2	57.8	150.7	37.7	1536.3	21.5	2.8	0.4	3.2	0.01
Feb-82	227.84		102.3	3.16	522.3	270.2	349.0	78.8	138.6	34.7	1549.3	21.7	2.6	0.4	3.0	0.00
Mar-82	345.14		103.4	3.78	615.4	279.8	362.4	82.6	202.4	50.6	1577.8	22.1	3.8	0.4	4.2	0.01
Abr-82	385.10		77.8	5.26	664.9	302.3	367.2	64.9	238.2	59.5	1614.7	22.6	4.5	0.4	4.9	0.01
May-82	354.97		71.7	4.73	657.2	306.3	366.5	60.2	232.6	58.1	1648.8	23.1	4.4	0.4	4.8	0.00
Jun-82	87.82		75.4	2.83	394.1	259.0	312.8	53.7	65.1	16.3	1643.0	23.0	1.2	0.4	1.6	0.17
Jul-82	132.39		80.3	1.54	391.4	255.0	311.7	56.7	63.8	16.0	1638.1	22.9	1.2	0.4	1.6	0.00
Ago-82	9.52		79.0	0.96	264.5	196.0	238.9	42.8	20.5	5.1	1618.5	22.7	0.4	0.4	0.8	0.03
Sep-82	180.77		95.4	1.26	376.8	240.5	305.4	64.8	57.2	14.3	1610.3	22.5	1.1	0.4	1.5	0.04
Oct-82	296.65		68.6	2.94	537.2	298.2	351.7	55.4	148.4	37.1	1624.7	22.7	2.8	0.4	3.2	0.01
Nov-82	293.84		68.7	3.08	590.1	302.7	359.4	56.7	184.5	46.1	1647.7	23.1	3.5	0.4	3.9	0.07
Dic-82	128.15		58.3	2.33	430.8	282.0	326.2	44.2	83.7	20.9	1645.6	23.0	1.6	0.4	2.0	0.02
Ene-83	42.62		96.6	1.34	324.6	218.7	278.4	59.7	37.0	9.2	1632.0	22.8	0.7	0.4	1.1	0.03
Feb-83	23.91		100.2	0.96	242.6	173.1	222.4	49.3	16.2	4.0	1613.5	22.6	0.3	0.4	0.7	0.06
Mar-83	473.83		103.2	2.53	647.0	282.5	365.6	83.1	225.2	56.3	1646.7	23.1	4.2	0.4	4.6	0.70
Abr-83	287.05		66.1	3.57	569.5	302.4	356.7	54.3	170.3	42.6	1665.9	23.3	3.2	0.4	3.6	0.00
May-83	274.06		81.4	3.17	578.4	291.8	357.6	65.8	175.0	43.8	1688.1	23.6	3.3	0.4	3.7	0.03
Jun-83	197.23		77.0	3.60	489.0	282.3	342.2	59.9	117.5	29.4	1691.8	23.7	2.2	0.4	2.6	0.07
Jul-83	54.32		88.4	1.48	336.6	228.7	285.2	56.5	41.1	10.3	1678.5	23.5	0.8	0.4	1.2	0.03
Ago-83	23.47		99.5	0.77	252.1	179.1	229.7	50.6	18.0	4.5	1659.8	23.2	0.3	0.4	0.8	0.00
Sep-83	74.28		94.4	0.38	253.4	182.1	230.6	48.5	18.2	4.6	1641.4	23.0	0.3	0.4	0.8	1.11
Oct-83	186.66		80.8	0.82	349.0	238.5	291.9	53.4	45.7	11.4	1630.0	22.8	0.9	0.4	1.3	0.16
Nov-83	148.94		78.1	0.87	387.4	255.0	310.0	55.0	61.9	15.5	1622.7	22.7	1.2	0.4	1.6	0.67
Dic-83	203.30		66.9	1.92	458.3	283.0	334.5	51.5	99.1	24.8	1624.8	22.7	1.9	0.4	2.3	0.04
Ene-84	242.97		72.2	3.10	526.0	291.9	349.7	57.8	141.0	35.3	1637.1	22.9	2.6	0.4	3.1	0.00
Feb-84	312.67		86.1	3.19	604.6	291.2	361.1	70.0	194.7	48.7</						

CALIBRACIÓN MODELO ABCD RIO PICHINDÉ PRECIPITACION POR ISOYETAS

MES	P (mm)	P (m ³ /s)	EP (mm)	Ro (m ³ /s)	W (mm)	S (mm)	Y (mm)	E (mm)	DR (mm)	GR (mm)	G (mm)	GD (mm)	DR (m ³ /s)	GD (m ³ /s)	R (m ³ /s)	ERROR (m ³ /s) ²
Jul-85	83.30		93.6	1.03	337.5	226.1	285.7	59.6	41.4	10.4	1817.9	25.5	0.8	0.5	1.3	0.05
Ago-85	151.03		90.8	1.33	377.1	243.5	305.5	62.0	57.3	14.3	1807.0	25.3	1.1	0.5	1.5	0.03
Sep-85	215.90		77.7	1.60	459.4	275.7	334.8	59.1	99.7	24.9	1806.6	25.3	1.9	0.5	2.3	0.21
Oct-85	283.94		67.4	2.42	559.6	300.1	355.2	55.1	163.5	40.9	1822.0	25.5	3.1	0.5	3.5	0.21
Nov-85	220.41		74.9	2.68	520.5	289.1	348.7	59.6	137.5	34.4	1830.7	25.6	2.6	0.5	3.1	0.02
Dic-85	98.91		67.7	1.77	388.0	261.9	310.3	48.3	62.2	15.6	1820.8	25.5	1.2	0.5	1.6	0.01
Ene-86	299.60		81.6	3.00	561.5	289.9	355.5	65.6	164.8	41.2	1835.3	25.7	3.1	0.5	3.8	0.04
Feb-86	184.91		82.6	4.00	474.8	275.6	338.6	63.2	108.8	27.2	1837.7	25.7	2.0	0.5	2.5	0.14
Mar-86	80.46		84.2	3.02	356.1	239.4	295.5	56.1	48.5	12.1	1824.3	25.5	0.9	0.5	1.4	0.29
Abr-86	238.91		75.8	2.72	478.3	281.0	339.7	58.7	110.9	27.7	1826.5	25.6	2.1	0.5	2.8	0.00
May-86	177.05		74.5	2.45	458.0	277.6	334.4	56.9	98.9	24.7	1825.6	25.6	1.9	0.5	2.3	0.00
Jun-86	183.12		80.7	2.43	460.7	273.9	335.1	61.2	100.4	25.1	1825.2	25.6	1.9	0.5	2.4	0.00
Jul-86	7.14		93.2	1.74	281.0	198.5	250.6	52.1	24.4	6.1	1806.0	25.3	0.5	0.5	0.9	0.22
Ago-86	100.92		91.5	1.07	299.4	209.1	262.9	53.7	29.2	7.3	1788.3	25.0	0.5	0.5	1.0	0.00
Sep-86	142.17		102.2	1.03	351.3	227.0	293.1	66.1	46.6	11.6	1775.1	24.9	0.9	0.5	1.3	0.09
Oct-86	429.56		56.7	3.91	656.6	318.0	366.4	48.5	232.1	58.0	1807.8	25.3	4.3	0.5	4.8	0.05
Nov-86	345.48		63.1	4.31	663.5	313.5	367.0	53.6	237.1	59.3	1841.3	25.8	4.4	0.5	4.9	0.02
Dic-86	39.47		76.1	1.95	352.9	243.0	293.9	50.9	47.2	11.8	1827.5	25.6	0.9	0.5	1.4	0.09
Ene-87	125.44		87.2	1.46	368.4	242.5	301.5	59.0	53.5	13.4	1815.5	25.4	1.0	0.5	1.5	0.00
Feb-87	114.62		112.9	1.55	357.1	223.2	296.0	72.8	48.9	12.2	1802.5	25.2	0.9	0.5	1.4	0.01
Mar-87	200.63		96.3	1.57	423.8	254.6	323.9	69.3	80.0	20.0	1797.3	25.2	1.5	0.5	2.0	0.06
Abr-87	218.38		77.4	1.68	473.0	278.8	338.3	59.5	107.7	26.9	1799.0	25.2	2.0	0.5	2.5	0.23
May-87	237.72		73.9	2.31	516.5	289.3	347.9	58.7	134.9	33.7	1807.4	25.3	2.5	0.5	3.0	0.09
Jun-87	100.96		87.9	1.42	390.2	249.8	311.2	61.4	63.2	15.8	1798.1	25.2	1.2	0.5	1.7	0.03
Jul-87	137.84		89.5	0.89	387.7	247.9	310.1	62.2	62.0	15.5	1788.6	25.0	1.2	0.5	1.6	0.69
Ago-87	121.36		102.0	1.17	369.3	233.9	301.9	68.0	53.9	13.5	1777.1	24.9	1.0	0.5	1.5	0.07
Sep-87	237.25		101.8	1.02	471.2	262.0	337.9	75.9	106.6	26.7	1778.9	24.9	2.0	0.5	2.5	2.00
Oct-87	277.66		66.0	3.22	539.6	298.5	352.1	53.6	150.1	37.5	1791.3	25.1	2.8	0.5	3.3	0.00
Nov-87	189.86		73.3	2.85	488.4	284.8	342.0	57.2	117.1	29.3	1795.5	25.1	2.2	0.5	2.7	0.00
Dic-87	168.39		82.6	3.31	453.2	270.9	333.0	62.1	96.1	24.0	1794.4	25.1	1.8	0.5	2.3	0.10
Ene-88	100.09		93.3	1.43	371.0	239.7	302.7	63.0	54.6	13.7	1783.1	25.0	1.0	0.5	1.5	0.00
Feb-88	106.46		98.9	1.34	346.2	226.7	290.4	63.6	44.6	11.2	1769.4	24.8	0.8	0.5	1.3	0.00
Mar-88	102.01		118.4	1.19	328.8	208.9	280.8	71.9	38.4	9.6	1754.5	24.6	0.7	0.5	1.2	0.00
Abr-88	364.98		74.1	2.06	573.8	296.9	357.3	60.4	173.3	43.3	1773.0	24.8	3.2	0.5	3.7	0.64
May-88	194.95		85.1	3.04	481.8	277.1	342.8	65.7	119.2	29.8	1777.9	24.9	2.2	0.5	2.7	0.01
Jun-88	334.00		75.9	3.99	611.1	299.3	361.9	62.6	199.4	49.8	1802.5	25.2	3.7	0.5	4.2	0.00
Jul-88	137.07		87.6	2.99	436.4	263.5	328.0	64.5	86.7	21.7	1799.0	25.2	1.6	0.5	2.1	0.09
Ago-88	117.76		83.1	1.70	381.2	249.7	307.3	57.7	59.1	14.8	1788.7	25.0	1.1	0.5	1.6	0.00
Sep-88	177.47		83.4	2.81	427.1	263.8	325.0	61.2	81.7	20.4	1784.2	25.0	1.5	0.5	2.0	0.08
Oct-88	190.24		65.9	2.81	454.0	282.7	333.3	50.6	96.6	24.2	1783.4	25.0	1.8	0.5	2.3	0.04
Nov-88	375.82		66.7	4.01	658.5	310.3	366.6	56.3	233.5	58.4	1816.3	25.4	4.4	0.5	4.9	0.04
Dic-88	188.55		63.7	3.12	498.9	293.7	344.4	50.7	123.6	30.9	1821.7	25.5	2.3	0.5	2.8	0.01
Ene-89	206.73		77.2	2.04	500.4	284.1	344.7	60.5	124.6	31.1	1827.3	25.6	2.3	0.5	2.8	0.14
Feb-89	181.33		156.8	2.29	485.5	227.3	336.4	109.1	103.3	25.8	1827.5	25.6	1.9	0.5	2.4	0.00
Mar-89	96.92		109.5	1.82	324.2	211.5	278.2	66.6	36.8	9.2	1811.4	25.4	0.7	0.5	1.2	0.13
Abr-89	168.96		85.5	1.93	380.5	247.9	307.0	59.1	58.8	14.7	1800.8	25.2	1.1	0.5	1.6	0.03
May-89	257.46		85.2	2.78	505.4	279.4	345.7	66.4	127.7	31.9	1807.5	25.3	2.4	0.5	2.9	0.00
Jun-89	230.30		94.2	2.54	509.7	273.9	346.6	72.7	130.5	32.6	1814.7	25.4	2.4	0.5	2.9	0.02
Jul-89	33.18		104.1	1.38	307.0	206.4	267.7	61.3	31.4	7.9	1797.4	25.2	0.6	0.5	1.1	0.05
Ago-89	140.62		108.2	1.60	347.0	221.9	290.8	68.9	44.9	11.2	1783.6	25.0	0.8	0.5	1.3	0.03
Sep-89	152.88		92.5	1.14	374.8	241.6	304.4	62.9	56.3	14.1	1772.9	24.8	1.1	0.5	1.5	0.11
Oct-89	268.77		84.2	2.29	510.3	280.9	346.7	65.8	130.9	32.7	1780.7	24.9	2.5	0.5	2.9	0.07
Nov-89	167.54		88.1	2.13	448.4	266.1	331.7	65.6	93.4	23.4	1779.1	24.9	1.7	0.5	2.2	0.00
Dic-89	87.83		77.2	2.13	353.9	242.7	294.4	51.7	47.6	11.9	1766.3	24.7	0.9	0.5	1.4	0.13
Ene-90	129.90		80.5	1.80	372.6	248.2	303.5	55.3	55.3	13.8	1755.6	24.6	1.0	0.5	1.5	0.03
Feb-90	186.80		65.1	1.63	435.0	278.4	327.6	49.2	85.9	21.5	1752.5	24.5	1.6	0.5	2.1	0.07
Mar-90	182.96		74.6	1.62	461.3	278.3	335.3	57.0	100.8	25.2	1753.2	24.5	1.9	0.5	2.3	0.20
Abr-90	270.37		59.1	2.80	548.6	304.9	353.5	48.6	156.1	39.0	1767.4	24.7	2.9	0.5	3.4	0.04
May-90	177.34		51.4	2.95	482.3	299.5	340.6	41.1	113.3	28.3	1771.0	24.8	2.1	0.5	2.6	0.01
Jun-90	87.50		71.7	1.30	397.0	262.4	314.0	51.5	66.5	16.6	1762.9	24.7	1.2	0.5	1.7	0.10
Jul-90	57.36		76.6	0.60	319.8	227.5	275.6	48.0	35.4	8.8	1747.3	24.5	0.7	0.5	1.1	0.75
Ago-90	37.12		59.3	0.70	264.7	206.0	238.9	32.9	20.6	5.1	1728.2	24.2	0.4	0.5	0.8	0.04
Sep-90	131.17		65.2	0.70	337.2	242.6	285.5	42.9	41.3	10.3	1714.6	24.0	0.8	0.4	1.2	0.58
Oct-90	272.65		39.5	2.40	515.2	315.0	347.7	32.7	134.1	33.5	1723.9	24.1	2.5	0.5	3.0	0.06
Nov-90	223.27		49.7	3.20	538.2	310.7	351.8	41.1	149.1	37.3	1736.9	24.3	2.8	0.5	3.2	0.00
Dic-90	190.00		40.7	2.00	500.7	311.4	344.7	33.4	124.8	31.2	1743.7	24.4	2.3	0.5	2.8	0.16

VALIDACIÓN MODELO ABCD RÍO PICHINDÉ
PRECIPITACIÓN POR MÉTODO DE ISOYETAS
(ENE/91-DIC/94)



ANEXO 4. PLANOS

**PLIEGO DE CONDICIONES PARA LA
LICITACIÓN DE CONSTRUCCIÓN
INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA
RED DE MONITOREO DEL RECURSO
HÍDRICO**

TABLA DE CONTENIDO

1. Presentación

2. Generalidades

2.1 Antecedentes Generales, Presentación y Naturaleza de La licitación.

2.1.1 Marco Institucional

2.1.2 Antecedentes y Justificación

2.1.3 Localización del Proyecto

3. Pliegos de Condiciones

1. PRESENTACIÓN

Para iniciar el proceso de construcción, instalación y puesta en marcha de las estaciones y equipos que forman parte de las redes de monitoreo de la calidad del agua y la red de alertas, es necesaria la elaboración de los pliegos de condiciones que se presentan en este documento, el cual contiene todas las especificaciones técnicas y la información necesaria para participar en este proceso.

Los aspectos generales de los pliegos de condiciones han sido elaborados teniendo en cuenta la magnitud del proyecto y los beneficios esperados con su funcionamiento, es por esto que se presenta con la máxima claridad posible su contenido.

Es importante anotar que debe cumplirse con un proceso previo por parte de las dependencias de la secretaría general:

- División Administrativa.
- División de Comunicaciones y Sistemas.
- Unidad jurídica.
- Unidad de Planeación y proyectos de inversión.

Estas decisiones con unas funciones específicas, según el acuerdo 001 de 1996 de Reforma Administrativa que hasta la fecha se encuentra vigente, deben desarrollar los siguientes pasos que tienen el objetivo de permitir la

venta de pliegos y posterior contratación de la construcción, instalación y puesta en marcha de la red:

A. Reunión del documentó y objetivos del diseño de la red por parte de la unidad de planeación y proyectos de inversión, para el ajuste de pliegos en aquellos puntos donde se considere la realización de modificaciones significativas.

B. Gestionar la reserva presupuestal.

C. Complementar con la información requerida en los pliegos como:

- Valor del contrato
- Plazo de ejecución
- Fechas
- Valor de Pliegos

Esta información debe ser completada por parte de la unidad de planeación, y, la decisión de control de procesos productivos y la unidad jurídica.

D. Revisar la documentación requerida y la estructura general de los pliegos con la asesoría de la unidad jurídica, con el fin de lograr un completo ajuste de los pliegos a los requerimientos legales.

E. Iniciar el proceso de licitación para la contratación de la red.

La información requerida para completar los pliegos de condiciones se relaciona en el siguiente listado,. Anotando que es importante para el proceso de licitación.

NECESIDADES DE INFORMACIÓN

Hay una información que debe ser actualizada y corregida de acuerdo a las nuevas condiciones planteadas por la dirección del DAGMA para su contratación, la cual básicamente comprende los siguientes puntos:

A - FINANCIACION:

- De donde provienen los recursos para la contratación de la instalación y puesta en marcha de la red.
- Los convenios de la red interinstitucionales que respaldan la contratación de la red.
- El acuerdo que aprueba el presupuesto y el proyecto (si es necesario).

B - PRESUPUESTO OFICIAL:

- Ajustes presupuestales por inflación, alcances del proyecto, decisión de las redes.

C - FECHA DE APERTURA Y CIERRE DE LA LICITACIÓN:

- De acuerdo a las fechas definidas por la dirección del DAGMA y la vigencia.

D - VALOR DE LOS PLIEGOS:

E - PLAZO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA:

- En función de los cambios ocasionales que se puedan presentar.

2. GENERALIDADES

2.1 ANTECEDENTES GENERALES, PRESENTACIÓN Y NATURALEZA DE LA LICITACIÓN.

2.1.1 MARCO INSTITUCIONAL

A partir de la ley 99 de 1.993, que creó el Ministerio del Medio Ambiente y los demás entes de control ambiental en los que la toma y manejo de datos ambientales se constituye en una importante tarea para:

- l Realizar una planificación acorde con las normas ambientales.
- l Desarrollar un sistema de alertas ambientales.
- l Elaborar y hacer cumplir las disposiciones que se dicten sobre el manejo y control del medio ambiente.
- l Disponer de un sistema de observación permanente de la calidad del agua y del aire, proporcionando información que sirva como base para la formulación de criterios objetivos para la aplicación y actualización de normas y disposiciones ambientales.

Desde su inicio, el DAGMA ha asumido varias responsabilidades en el manejo del Medio Ambiente de la ciudad de Cali.

Una de estas responsabilidades es establecer y operar un Sistema de información Ambiental Municipal (SIAM), de acuerdo con las direcciones y guías proveídas por Minambiente y el Instituto de estudios Ambientales (IDEAM).

Este Sistema debe servir de apoyo a los proyectos desarrollados por el DAGMA en todas sus áreas de actividad , y debe además cumplir la función de proveer información del medioambiente a la ciudadanía, a las entidades no

gubernamentales, universidades y demás organizaciones productoras o consumidoras de información.

El SIAM es un componente del Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC), el cual es un proceso continuo y dinámico, en el que interactúan agentes de diversos tipos (institucionales, humanos, financieros, procedimentales, etc.) que realizan el levantamiento, almacenamiento y procesamiento de la información ambiental del país, es decir, toda la información relevante en el Sistema Nacional Ambiental SINA, siguiendo estándares conceptuales generalizados y que tiene la capacidad de presentar esta información en diversas formas, poniéndola a disposición de quien lo requiera en la forma y con la periodicidad que sea requerida.

El SIAM está compuesto por cinco módulos o componentes que agrupan las necesidades de información ambiental en las categorías de administración, manejo económico, control y regulación y monitoreo, según lo definido por el Ministerio del Medio Ambiente.

En detalle, estos serían:

- I. Sistemas de información para la operación de los sistemas administrativos, financieros, contables, nómina, personal e institucional.
- II. Sistemas de información que permitan el manejo de los instrumentos económicos de tasas e incentivos, censos, liquidación, facturación y recaudo.
- III. Sistemas de información de regulación y control para el manejo de los procedimientos de gestión de permisos, licencias, seguimiento y monitoreo

de los planes de manejo de los diferentes proyectos, registro y seguimiento de quejas ambientales, multas y sanciones, etc.

IV. Sistemas de monitoreo de la calidad del aire e hídrica del Municipio de Santiago de Cali. Este sistema tiene tres tipos de información:

- } Redes de medición y seguimiento de la contaminación atmosférica, hídrica y meteorológica (con registro de variables climáticas, hidrológicas, pluviométricas).
- } Información de laboratorios y consultores ambientales de medición de variables físico, químico y biológicas.
- } Información estadística de tipo económica y social.

V. Sistema de información Geográfico, el cual se compone de un conjunto de herramientas, procesos y datos que se relacionan de manera integrada y que permiten almacenar, manipular y procesar la información geográfica y grafica ambiental del Municipio de Santiago de Cali.

Para dar lugar al diseño y montaje de la red de calidad ambiental o sistema de monitoreo, el DAGMA ha realizado diferentes consultorías con consultores externos la ejecución de una serie de estudios técnicos necesarios para su diseño y montaje. Entre estos estudios se cuentan, para la parte Hídrica, el estudio sobre la calidad y estado de caudales de los ríos, el estudio sobre los usos del suelo en las riberas de los ríos y el estudio sobre la diversidad florística y faunística de los ríos de Cali monitoreo de los ríos (Lili, Meléndez, Cañaveralejo, aguacatal, Pance, Cali) de la ciudad.

193

Para la parte Aire, el DAGMA ha contratado la elaboración del estudio de modelación atmosférica para Cali, tendiente a definir la localización y funcionamiento de la red de aire, así como el estudio de la evaluación y selección de tecnología ambiental adecuada para la red. Actualmente cuenta con la Red automática de monitoreo de la Calidad de Aire y Meteorológica del Municipio de Santiago de Cali, la cuál viene funcionando desde julio de 1999.

En la parte de Suelo, Espacio Público y Paisaje , el DAGMA ha contratado la elaboración del diseño de la malla ambiental para Cali, en la que se muestra la actual estructura de espacio público y zonas verdes de la ciudad y se propone una malla futura.

A nivel de las comunas, el DAGMA cuenta veinte (20) agendas ambientales comunales que constituyen un documento de Diagnostico participativo, elaborado en conjunto con las comunidades.

Además de los anteriores estudios, el DAGMA internamente ha consolidado bases de datos referentes a las industrias más representativas de la ciudad en cuanto a contaminación, registro de licencias ambientales, registro de quejas ambientales presentadas y quejas atendidas.

El DAGMA ha implementado el formulario de declaración Ambiental a nivel industrial y el programa de Tasas retributivas por contaminación hídrica que servirán de insumo para la presente consultoría.

Tal información al igual que los resultados finales de los estudios técnicos descritos en el documento, deben ser tenidos en cuenta por el consultor que ejecute el presente proyecto, además de estar en coordinación con el consultor que diseñe e implemente los demás componentes del SIAM.

2.1.2 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Los diferentes ríos del Municipio de Santiago de Cali como son Lili, Pance, Cañaveralejo, Meléndez, Aguacatal, Cali, cauca, a su paso por la zona urbana, han sido afectados en las características de su lecho, márgenes, recorrido, calidad y cantidad de agua.

Los diferentes ríos se convirtieron en parte del sistema de alcantarillado de la ciudad, siendo los receptores finales de las aguas negras e industriales de la ciudad y de las aguas lluvias.

El sistema de drenaje urbano de la ciudad es combinado; es decir está constituido por una red colectora de aguas lluvias y de aguas negras. Mediante estructuras de control se separan los dos fluidos.

Las aguas lluvias son conducidas a través de sumideros y colectores hacia canales y ríos. Las aguas negras son conducidas por colectores o interceptores que permiten su dilución con parte de las aguas lluvias y van hacia estación de bombeo de aguas negras de donde se evacuan hacia el río Cauca.

Durante los periodos de caudales bajos, los ríos son más susceptibles al deterioro de las aguas, cuando se realizan descargas líquidas y/o sólidas. La calidad de las aguas se deteriora en mayor grado cuando iguales descargas de basuras, descargas industriales, agropecuarias, el basurero de navarro y las aguas residuales de la ciudad, se realizan durante épocas de caudales bajos. La menor cantidad del agua transportada por los ríos y canales, hace que durante los períodos de bajas

195

aguas, se tenga una menor capacidad de arrastré de basuras, escombros y contaminantes arrojados a los ríos.

En épocas de lluvias toneladas de material resultante es acarreado por las aguas pendiente abajo, produciendo arrastre de grandes volúmenes de material (lodo, piedras, barro, etc) deteriorando la calidad del agua.

El monitoreo y control del recuso hídrico del Valle del Cauca, están a cargo de la CVC y en el Municipio de Cali por el DAGMA.

Hace más de 30 años, la CVC estudió por primera vez la calidad de las aguas del río Cauca, usando como indicador la cantidad de Oxígeno Disuelto. Las aguas residuales domesticas de la Región aportan una carga de contaminación a los ríos afluentes del río Cauca. En 1968, algunas zonas del río tenían concentraciones de oxígeno igual o menores que 1 mg/l. En 1972, la CVC lanzó un programa de manejo de la cuenca del río Cauca. El programa fijó metas para aumentar gradualmente los niveles de oxígeno disuelto en tramos críticos del río Cauca. La estrategia era controlar vertimientos teniendo en cuenta los diferentes usos del agua a lo largo del río.

Recientemente la CVC reportó disminuciones significativas de carga contaminantes industriales; sin embargo las cargas contaminantes provenientes de los municipios han aumentado. En 1994, la ciudad de Cali aportó al río Cauca el 69% de su carga contaminante.

El Ministerio del Medio Ambiente expidió el decreto 901 de 1997 "por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas" y la resolución No. 0273 de abril de 1997, "Por la cual se fijan las tarifas

mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y sólidos Suspendidos Totales (SST).” Obligan a las autoridades ambientales a realizar el cobro de las tasa retributivas a los usuarios que generan vertimientos puntuales al agua o al suelo y que afecten fuentes de agua.

Debido a lo anterior una de las prioridades a nivel Nacional, Departamental y Municipal esta en el establecer los mecanismos para reducir la contaminación al controlar los vertimientos líquidos y como estrategia utiliza el cobro de la tasa retributiva, fijando metas regionales por semestre para cada uno de los diferentes cauces, donde muchos de estos ríos son fuente de abastecimiento para los acueductos municipales que alimentan la población, adicionalmente son utilizadas para recreación.

Para las necesidades del Municipio de Cali es necesario contar con dos tipos de redes, una primera red para los efluentes finales teniendo en cuenta parámetros de cantidad y calidad y una segunda red para las entradas de los ríos a la ciudad teniendo en cuenta estado de alertas, lluvias en las cuencas, cantidad y calidad.

El proyecto también deberá arrojar la aplicación de un modelo lluvia-caudal, la estructura administrativa, operativa y técnica requerida con las diferentes responsabilidades por entidad y el diseño de los pliegos de condiciones para realizar la implementación de la red hídrica para el Municipio de Cali.

2.1.3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se desarrollará en el Municipio de Santiago de Cali, área de las cuencas de los ríos ubicados dentro del área de jurisdicción del DAGMA: Cali, Aguacatal, Meléndez, Cañaveralejo, Lili.

Las estaciones de monitoreo serán ubicadas sobre los ríos en las partes alta, media y baja conformando las redes 1 de salidas de agua de la ciudad, la red 2 de entradas y la red 3 o red de alertas en la parte alta de las cuencas. La localización de las estaciones a instalar se describen en la siguiente tabla.

3. PLIEGOS DE CONDICIONES

Se presenta a continuación la propuesta de pliegos de condiciones para la construcción, instalación y puesta en marcha, de las 3 redes que conforman la gran red de monitoreo del recurso hídrico.

198

REPÚBLICA DE COLOMBIA

MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE

"DAGMA"

**PLIEGO DE CONDICIONES
IMPLEMENTACION SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO DEL RECURSO
HÍDRICO EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.
LICITACIÓN PUBLICA NACIONAL No xxxx**

**OBJETO: DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO DEL MUNICIPIO DE
SANTIAGO DE CALI**

SANTIAGO DE CALI, DICIEMBRE 29 DE 2000

**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE-
DAGMA**

INDICE

CAPITULO I

INSTRUCCIONES PARA LOS LICITANTES

DISPOSICIONES GENERALES

- 1.1 OBJETO DE LA LICITACION
- 1.2 FINANCIACIÓN
- 1.3 APERTURA Y CIERRE DE LA LICITACION
- 1.4 PLAZO DE LICITACION
- 1.5 ACLARACIONES RESPECTO DE LOS DOCUMENTOS DE LICITACIÓN
- 1.6 REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS PROPONENTES
- 1.7 RECURSOS REQUERIDOS
- 1.8 VISITA A LA ZONA DE LA OBRA
- 1.9 POLITICA DE GENERACION DE EMPLEO

CAPITULO II

DOCUMENTOS DE LA LICITACIÓN

- 2.1 DOCUMENTOS DE LICITACIÓN
- 2.2 MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DE LA LICITACIÓN

CAPITULO III

CONTENIDO DE LA PROPUESTA

- 3.1 IDIOMA DE LA PROPUESTA
- 3.2 DOCUMENTOS DE LA PROPUESTA
- 3.3 DOCUMENTACION ADICIONAL PARA FIRMAS EXTRANJERAS
- 3.4 PAGO DE LOS TRABAJOS
- 3.5 GARANTÍA DE SERIEDAD DE LA PROPUESTA

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE LAS PROPUESTAS

- 4.1 PRESENTACIÓN DE LAS PROPUESTAS

200

- 4.2 RELACIÓN DE COSTOS DE LA PROPUESTA
- 4.3 PLAN DE TRABAJO Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

CAPITULO V

APERTURA Y EVALUACIÓN DE PROPUESTAS, ADJUDICACIÓN DEL CONTRATO

- 5.1 APERTURA DE LAS PROPUESTAS
- 5.2 CONFIDENCIALIDAD DEL PROCESO DE EVALUACIÓN
- 5.3 TÉRMINO PARA LA EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS
- 5.4 VERIFICACIÓN DE LAS PROPUESTAS
- 5.5 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN Y ADJUDICACIÓN
- 5.6 CIRCUNSTANCIAS QUE DETERMINAN EL NO CUMPLIMIENTO DE UNA PROPUESTA Y SU CONSECUENTE RECHAZO
- 5.7 DE CUANDO SE DECLARA DESIERTA LA LICITACIÓN
- 5.8 ADJUDICACIÓN
- 5.9 SUSCRIPCIÓN Y LEGALIZACIÓN DEL CONTRATO

CAPITULO VI

CONDICIONES DE CONTRATO

- 6.1 ADJUDICATARIO
- 6.2 INTERVENTORÍA
- 6.3 CESIONES Y SUBCONTRATOS
- 6.4 OBJETOS HISTÓRICOS
- 6.5 PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
- 6.6 ENTREGA Y CUIDADO DE LA ZONA DE LA OBRA
- 6.7 ACCESO A LA ZONA DE LA OBRA
- 6.8 FUERZA MAYOR O CASO FORTUITO
- 6.9 PROGRAMA DE TRABAJO E INVERSIONES
- 6.10 RESPONSABILIDAD POR EXPLOTACIÓN DE FUENTES DE MATERIALES
- 6.11 PAGO DE IMPUESTOS
- 6.12 PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL
- 6.13 ANTICIPO
- 6.14 RECIBO DEFINITIVO DE LOS TRABAJOS
- 6.15 TRABAJOS DEFECTUOSOS
- 6.16 LIQUIDACIÓN DEL CONTRATO

CAPITULO VII ESPECIFICACIONES PARTICULARES

- 7. ASPECTOS TÉCNICOS FUNCIONALES
 - 7.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS
 - 7.2 ACCESORIOS
 - 7.3 SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LOS RIOS
 - 7.4 SISTEMA DE COMUNICACIONES
 - 7.5 ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE LA CONSTRUCCIÓN
 - 7.6 ESTACIONES DE LA RED DE ALERTAS
 - 7.7 ESTACIONES DE LA RED DE ENTRADAS (2)
 - 7.8 ESTACIONES DE LA RED DE SALIDAS (1)

202

CAPITULO VIII

GRÁFICOS, ANEXOS Y FORMULARIOS DE LA PROPUESTA

GRÁFICO NO. 1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

ANEXO NO.1 CARTA DE PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

ANEXO NO.2 ACTA DE RECIBO ZONA DEL PROYECTO

FORMULARIO NO. 1 LISTA DE CANTIDADES DE OBRA, PRECIOS UNITARIOS Y VALOR TOTAL DE LA PROPUESTA

FORMULARIO NO. 1A ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FORMULARIO NO. 2 CONTRATOS TERMINADOS Y/O EN EJECUCIÓN EN LOS ÚLTIMOS CINCO (5) AÑOS.

FORMULARIO NO. 4 RELACIÓN DEL EQUIPO OFRECIDO

FORMULARIO NO. 5 INFORMACIÓN SOBRE CONTRATOS VIGENTES EN EJECUCION Y ADJUDICADOS SIN INICIAR CON LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURAS Y OTRAS ENTIDADES.(SALDO DE VALOR BASICO DE OBRA POR EJECUTAR).

MINUTA DEL CONTRATO

A. DISPOSICIONES GENERALES

La apertura de la Licitación se hará el día 20. de Enero de 2001 a las 8:30 A.M. en las oficinas del **Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma" - Santiago de Cali** teléfono 6605465. A partir de esa fecha y hasta las 4:00 p.m. horas del día 17 de Enero de 2001 los interesados pueden retirar los pliegos respectivos, entre las horas 08:00 y 18:00 de los días laborales, previo pago en efectivo o con cheque de gerencia a favor de la Tesorería General del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma" la suma de ????? pesos (\$????000.00)

1.3.1. COSTO DE LOS PLIEGOS

El cierre de la licitación y apertura de las propuestas se realizará el día 21 Enero de 2001 a las 3:00 p.m. horas, en la Sala de ?????, piso ?? del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", localizado en ????? de la ciudad de Cali.

1.4 PLAZO DE EJECUCION DE LA OBRA

El plazo para la ejecución de la obra será de ??? (?) **meses** para la realización de los trabajos contados a partir de la fecha de la orden de iniciación, la cual debe ser dada dentro de los cinco (5) días hábiles posteriores a la fecha de legalización del contrato respectivo. EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", no considerará aquellas propuestas cuyo Plazo sea mayor al establecido.

1.5 ACLARACIONES RESPECTO DE LOS DOCUMENTOS DE LICITACION

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 numeral 4º. de la ley 80 de 1993, dentro de los tres (3) días hábiles siguientes al inicio del plazo para la presentación de propuestas y a solicitud de cualquiera de las personas que hayan retirado pliegos de condiciones, se celebrará una audiencia con el objeto de precisar el contenido y alcance del pliego de condiciones y de oír a los interesados, de lo cual se levantará acta suscrita por los intervinientes.

De acuerdo con lo debatido en la audiencia y cuando resulte conveniente, el funcionario delegado del DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", expedirá las modificaciones pertinentes a los pliegos de condiciones y prorrogará si fuere necesario el plazo de la licitación hasta por seis (6) días hábiles.

Igualmente, dentro del plazo de la licitación, la persona que haya retirado pliegos podrá solicitar aclaraciones adicionales, las cuales el DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", responderá por escrito enviando copia a todos los que hayan adquirido pliegos de condiciones para la licitación (las aclaraciones se atenderán hasta los Tres (3) días antes de la fecha de cierre de la licitación).

1.6 REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS PROPONENTES

El Proponente que desee licitar debe haber cancelado el valor de este Pliego de Condiciones y además deberá cumplir con todos los otros requisitos señalados en este numeral.

1.6.1 En la presente licitación podrán participar las personas naturales, jurídicas nacionales o extranjeras en consorcio o unión temporal, que se encuentren inscritos a la fecha de apertura de la presente Licitación en el **Registro de Constructores de la CAMARA DE COMERCIO, calificadas en la Especialidad 02 Obras sanitarias y ambientales, Grupo 01 y 02 Redes de distribución de agua potable y servida**, cuyo objeto social esté relacionado con la especialidad requerida y con todas las obras por ejecutar, y que tengan a la fecha de apertura de la Licitación una Capacidad de Contratación, según registro en la Cámara de Comercio superior a **8.000 SMMLV (Ki). ???**

1.6.2 La Capacidad de Contratación, de un consorcio o unión temporal, se obtendrá de la suma de la Capacidad de Contratación de cada uno de los integrantes del Consorcio o Unión Temporal, en la especialidad y grupo requerido para ejecutar la clase de trabajos objeto de esta licitación. Además, **uno de los integrantes del Consorcio o Unión Temporal, deberá tener como mínimo el Setenta por ciento (70%) de la capacidad total de contratación exigida**, en la especialidad y grupo requerido para ejecutar esta clase de trabajos. Los demás integrantes del Consorcio o Unión Temporal deberán tener como mínimo una capacidad de contratación asignada en el registro de proponentes de la CAMARA DE COMERCIO que sea igual o superior a la participación del respectivo integrante del consorcio o unión temporal en la ejecución del contrato, siempre que la sumatoria de las capacidades de contratación de los integrantes del consorcio o unión temporal sea igual o mayor a la capacidad de contratación total exigida.

1.6.3 Cuando se trate de personas naturales extranjeras sin domicilio en el país o de personas jurídicas privadas extranjeras que no tengan establecida sucursal en Colombia, deberán ajustarse a lo indicado en el numeral 22.4 del artículo 22 de la Ley 80 de 1993 y al artículo 9 del decreto reglamentario 679 de 1.994.

1.6.4. El Proponente declarará en la Carta de Presentación que no se encuentra dentro de las inhabilidades e incompatibilidades para contratar previstas en la Constitución Política y en el artículo 8 de la Ley 80 de 1993.

1.6.5. Las sociedades anónimas abiertas de que trata el numeral 1, literal h del artículo 8 deberán sujetarse a lo dispuesto en el artículo 5 del decreto reglamentario 679 de 1.994.

"SOCIEDAD ANONIMA ABIERTA" :

Son aquellas que reúnen las siguientes condiciones :

1. Tengan más de trescientos accionistas.
2. Que ninguna persona sea titular de más del treinta (30%) por ciento de las acciones en circulación.
3. Que sus acciones estén inscritas en una bolsa de valores.

1.6.6. Corresponderá al revisor fiscal de la respectiva sociedad certificar que la misma tiene carácter de anónima abierta para efectos de lo dispuesto en la Ley 80 de 1993.

Respecto de las inhabilidades e incompatibilidades sobrevinientes y de las excepciones a las mismas, se sujetarán a las reglas establecidas en los artículos 9 y 10 de la ley 80 de 1.993.

" CONSANGUINIDAD" :

Es la relación o conexión que existe entre las personas que descienden de un mismo tronco o raíz o que estén unidas por los vínculos de la sangre. Los grados de consanguinidad entre dos personas se cuentan por el número de generaciones; así, el nieto está en segundo grado de consanguinidad con el abuelo, y dos primos hermanos en cuarto grado de consanguinidad entre sí.

"AFINIDAD" :

Es la que existe entre una persona que está o ha estado casada y los consanguíneos legítimos de su marido o mujer. La línea o grado de afinidad legítima de una persona con un consanguíneo de su marido o mujer, se califica por la línea o grado de consanguinidad legítima de dicho marido o mujer con el dicho consanguíneo. Así un varón está en primer grado de afinidad legítima, en la línea recta con los hijos habidos por su mujer en anterior matrimonio; en segundo grado de afinidad legítima, en la línea transversal, con los hermanos legítimos de su mujer.

"PARENTESCO CIVIL" :

Es el que resulta de la adopción, mediante la cual la ley estima que el adoptante, su mujer y el adoptivo se encuentran entre sí, respectivamente, en las relaciones de padre, de madre, de hijo. Este parentesco no pasa de las respectivas personas.

1.6.5 El Proponente deberá elaborar la propuesta de acuerdo con lo establecido en este Pliego de Condiciones y anexar la documentación exigida.

1.6.6 Las personas jurídicas nacionales y extranjeras que participen en la presente licitación individualmente, en consorcio o en unión temporal deberán acreditar que su duración no sea inferior al plazo del contrato y un (1) año más.

1.6.7. Serán de cargo del Proponente todos los costos asociados a la preparación y presentación de su propuesta y el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", en ningún caso será responsable de ninguna parte de los mismos.

1.6.8 Para efectos de la suscripción del contrato es requisito indispensable que el contratista no esté en mora en sus obligaciones tributarias, de acuerdo a lo estipulado en el artículo 70 de la Ley 617 de Octubre 8 de 2000.

1.7.RECURSOS REQUERIDOS

El Proponente debe contar con los recursos físicos, humanos y financieros necesarios para la oportuna y correcta ejecución de los trabajos, disponibles para ser dedicados a esta obra si se le adjudicara. Además de la Capacidad de Contratación Disponible debidamente documentada, debe contar con el personal técnico calificado y todo el equipo apropiado y en buen estado de funcionamiento, ya sea equipo propio o alquilado, requerido para la eficiente ejecución de los trabajos en fiel cumplimiento del contrato de obra.

El Proponente está obligado a presentar en su propuesta la lista del equipo que se compromete dedicar a los trabajos, en caso de ser favorecido con el contrato respectivo, con documentación aceptable al Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", confirmando su disponibilidad. En todo caso la obligación del Contratista no es de suministrar solamente el equipo mencionado sino cualquier equipo en buen estado, que sea necesario para que él cumpla plenamente con el programa de trabajo, plazo y especificaciones técnicas de la obra.

Los materiales necesarios para la debida ejecución de la obra e instalación de los equipos serán suministrados oportunamente por el Contratista, por lo tanto será de su entera responsabilidad y costo la localización, adquisición y explotación de las

fuentes de materiales a utilizar, inclusive la carga, el acarreo, procesos intermedios y la incorporación en obra de los materiales requeridos, siempre teniendo en cuenta que los mismos deben cumplir con todos los requisitos de calidad exigidos en los documentos contractuales. Cualquier indicación en los documentos contractuales de posibles fuentes de materiales es únicamente de referencia y no implica responsabilidad del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma" por su calidad y disponibilidad, ni ninguna obligación para el Contratista de utilizarlas.

1.8. VISITA A LA ZONA DE LA OBRA

Las personas que hayan adquirido Pliegos de Condiciones para la presente Licitación, deberán visitar las zonas de las obras con el objeto de investigar y verificar las condiciones de ésta, la disponibilidad de materiales de construcción, mano de obra, transporte y en general todos los factores que influyen en los costos y en la programación de ellas. El hecho de que los proponentes no se familiaricen debidamente con los detalles y condiciones bajo las cuales será ejecutada la obra, no se considerará después de que el contrato haya sido adjudicado.

La visita es obligatoria, se efectuará de forma colectiva, el **día 11 de Enero de 2001, a las 3:00 p.m. ??????** Para efectos de la visita se señala como sitio de reunión: ??????.

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", expedirá certificación sobre la visita efectuada a la obra, sin la cual no se tendrá en cuenta ninguna propuesta. Para el trámite de la licitación se tendrá en cuenta el informe respectivo que sobre la visita a la zona presente el funcionario designado por el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma".

1.9 POLITICA DE GENERACION DE EMPLEO

Conforme a los lineamientos del Plan de Desarrollo del actual Gobierno, **"EL CAMBIO PARA CONSTRUIR LA PAZ"** en especial, el referido al desarrollo del Medio Ambiente del país e integrado a las políticas de generación de empleo, El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", establece como requisito básico, la vinculación de mano de obra del Municipio beneficiado, es decir, del Municipio de Santiago de Cali, dentro de la ejecución de los proyectos a cargo de la entidad, a menos que se requiera mano de obra de gran especialidad que no pueda detenerse en el Municipio.

A continuación, se establecen las condiciones que deberán cumplir los proponentes para el desarrollo de dicho plan:

209

En el marco de la política de generación de empleo, y con el ánimo de proveer ingresos a las familias menos favorecidas se pretende que nuestros contratistas ocupen la mano de obra propia de las comunidades en las cuales se ejecutarán las obras licitadas.

Teniendo en cuenta los items definidos en el Formulario "Cantidades Aproximadas de Obra y Precios", para ser ejecutados con mano de obra directa tales como: Excavaciones varias, demoliciones, cargue, conformación y estabilización de taludes o cualquier otro item a ejecutar a mano.

Será obligación de los proponentes garantizar el cumplimiento de los derechos laborales al personal vinculado, en materia de prestaciones sociales, seguridad social, así como las dotaciones y elementos de seguridad industrial, requeridas de acuerdo a la naturaleza del trabajo, y las demás conforme a las disposiciones legales pertinentes.

CAPITULO II

DOCUMENTOS DE LA LICITACION

2.1. SON DOCUMENTOS DE LA LICITACION:

1. La Resolución de Apertura de la Licitación y su Resolución Modificatoria
2. Los Avisos de Prensa.
3. El presente Pliego de Condiciones con anexos y adendos.
4. Formulario "Lista de Cantidades de Obra, Precios Unitarios y Valor Total de la Propuesta"
5. Garantía de Seriedad de la propuesta
6. La ley 80 de 1.993, y sus Decretos Reglamentarios.
7. Certificado de Disponibilidad Presupuestal No. ?????

QUE OTROS DCTOS SON REQUERIDOS?

2.2 MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DE LA LICITACION

Como resultado de la audiencia y consultas mencionadas en el numeral 1.5 de este pliego El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", si lo considera conveniente, expedirá las modificaciones pertinentes al Pliego de Condiciones y prorrogará, si fuere necesario, el plazo de la licitación hasta por seis (6) días hábiles. No se podrá hacer cambios al pliego de condiciones establecido por parte del licitante.

Cuando lo estime conveniente El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma" o cuando lo soliciten las dos terceras partes de las personas que hayan retirado el Pliego de Condiciones, se podrá prorrogar el plazo de presentación de las propuestas, antes de su vencimiento, por un término no superior a la mitad del inicialmente fijado.

Toda aclaración o modificación se hará mediante **ADENDOS**, numerados y en secuencia, los cuales formarán parte integral del pliego.

CAPITULO III

CONTENIDO DE LA PROPUESTA

3.1 IDIOMA DE LA PROPUESTA

La propuesta, correspondencia y todos los documentos intercambiados entre los proponentes y El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma" deberán estar escritos en idioma castellano. Los documentos de apoyo y el material impreso proporcionado por el Proponente junto con su propuesta pueden estar en otro idioma, siempre y cuando se acompañen de una traducción de los aspectos pertinentes en castellano. Para efectos de interpretación de la propuesta prevalecerá el texto en castellano.

3.2 DOCUMENTOS DE LA PROPUESTA

La Propuesta deberá estar integrada por los siguientes documentos y la omisión o presentación incompleta de cualquiera de ellos será motivo para no ser tomada en cuenta para su evaluación y posterior adjudicación.

3.2.1 Carta de Presentación de la Propuesta, de acuerdo con el modelo anexo, firmada por el proponente, de acuerdo con la Ley 64 de 1.978. Para el caso de extranjeros, la propuesta deberá estar abonada por un Profesional, que acredite estar matriculado en el país de origen ante el organismo correspondiente. (Anexo No. 1).

3.2.2 Cuando el Proponente sea una persona jurídica Colombiana o Extranjera, deberá anexar el **Certificado de Existencia y Representación Legal** expedido por la autoridad competente.

Cuando el representante legal de la firma tenga restricciones para contraer obligaciones en nombre de la misma, deberá adjuntar el documento de autorización expresa del órgano competente.

Las certificaciones deberán haber sido expedidas dentro de los Treinta (30) días anteriores a la fecha de cierre de esta Licitación. En caso de prórroga de la Licitación, estas certificaciones tendrán validez con la primera fecha de cierre.

3.2.3 Garantía bancaria o póliza de seguros para garantizar la seriedad de la propuesta, expedida a favor del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma" por una entidad nacional debidamente acreditada, de acuerdo con lo establecido en este capítulo y las leyes pertinentes. El proponente favorecido

con la adjudicación del contrato deberá sustituir esta garantía de seriedad por la garantía única de cumplimiento del contrato.

Cuando la propuesta presente un Consorcio o Unión Temporal, la garantía de seriedad debe ser tomada a nombre del Consorcio o Unión Temporal, y no a nombre del representante del consorcio o de la unión temporal.

3.2.4 Lista de Cantidades de Obra, Los análisis de Precios Unitarios y Valor Total de la Propuesta, según formato adjunto diligenciado, colocando los precios unitarios propuestos al frente de cada una de las cantidades allí consignadas, calculando los valores parciales y la oferta total. **Las cantidades** que aparecen en el formulario no podrán ser modificadas por el proponente, **(formulario No. 1)**. El proponente deberá anexar el análisis del A.I.U.

Los valores de los precios unitarios y totales deben aproximarse al peso.

3.2.5 Presentar informe sobre la **experiencia de la firma, sobre los siete (7) últimos años**, contados a partir de **Noviembre de 1993**, anexo modelo **(formulario No. 2)**.

3.2.6 Programa de Trabajo e Inversiones; con el programa de inversiones, indicando claramente la programación en tiempo de los trabajos a realizar y el flujo de inversiones previsto durante el plazo contractual, teniendo en cuenta todos los factores físicos y operativos que puedan influir en el avance de la obra. La programación de la obra deberá elaborarse por medio del método de la ruta crítica (CPM o PERT) ??? o precedencias parciales (LPU) ???.

La no presentación de dicho documento dará lugar al rechazo de la propuesta.

3.2.7 Relación del equipo ofrecido, con los documentos que comprueben la propiedad y disponibilidad, de acuerdo con lo solicitado en el numeral 5.5.4 **(formulario No. 4)**.

3.2.8 Documento que acredite la conformación del **Consorcio o Unión Temporal** elaborado de conformidad con el artículo 7º de la Ley 80 de 1.993, designando su apoderado o representante legal. Así mismo dentro del documento se deberán especificar las reglas básicas que regularan la relación entre los miembros del Consorcio o Unión Temporal.

Adicionalmente cuando se trate de Unión Temporal se deberán señalar los términos y extensión de la participación en la propuesta y en su ejecución de cada uno de los miembros, los cuales solo podrán ser modificados con el concepto previo y escrito del Departamento.

Cada uno de los integrantes del Consorcio o Unión Temporal deberá presentar individualmente los documentos que acrediten su capacidad financiera, capacidad de contratación, existencia y representación legal, así como todos los datos relativos a la información del proponente.

3.2.9 Certificado de inscripción, clasificación y calificación en el registro de proponentes de la CAMARA DE COMERCIO para esta clase de trabajos con fecha de expedición no mayor a 30 días calendario de la fecha del cierre de la licitación.

3.2.10 Recibo de Consignación por concepto de pago del Pliego de Condiciones, expedido a favor de ????????, CTA. CTE. No. ??????, BANCO ??????. El recibo de consignación por concepto de pago de pliegos expedido a favor de una persona natural o jurídica distinta al proponente, no servirá de base para su participación en la licitación. En caso de consorcios o uniones temporales este recibo deberá estar expedido a nombre de por lo menos uno de los integrantes del mismo.

3.2.11 Cuadro de Información de Contratos Vigentes en ejecución y contratos adjudicados sin iniciar con el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma" u otras entidades. En él se incluirán los valores de las actas de obra que hayan sido aceptadas por el Interventor y el valor de los **saldos pendientes por ejecutar (tanto de los contratos en ejecución como los contratos adjudicados sin iniciar)**, según formulario anexo, (formulario No.5). En caso de Consorcios o Uniones Temporales se deberá diligenciar un Formulario por cada uno de los integrantes del mismo.

3.2.12 Estados Financieros Básicos Balance General completamente actualizado a Diciembre 31 de 2.000, en cuentas de mayor a su valor histórico, fiel copia de los saldos de las cuentas del libro mayor, clasificado en Activos Corrientes y No Corrientes, Pasivos Corrientes y a Largo Plazo y Patrimonio, mostrando en detalle el Activo, Pasivo y Patrimonio.

Estado de Ganancias y Perdidas completamente actualizado a Diciembre 31 de 2.000 en cuenta de mayor, a su valor histórico, detallando las cuentas de ingreso, costos y gastos, que muestren necesariamente las Utilidades bruta, operacional y neta.

El proponente deberá anexar los documentos necesarios para acreditar lo estipulado en el artículo 70 de la Ley 617 de Octubre 6 de 2000.

El Balance General y el Estado de Ganancias y Perdidas se presentarán de acuerdo a las leyes vigentes sobre la materia (Ley 222 de 1995 y Ley 550 de 1.999).

Paz y Salvo vigente expedido por la DIAN.

Para Las Personas Jurídicas, el Balance General debe ser certificado por Revisor Fiscal.

Fotocopia de la Declaración de Renta del año gravable de 1.999 con su respectiva conciliación de renta fiscal si se requiere.

Las sucursales de compañías extranjeras deberán presentar estados financieros de la Sucursal Colombiana al igual que la declaración de Renta presentada en Colombia de acuerdo a lo estipulado en el artículo 20 del Decreto 624 del 30 de marzo de 1.999. Estatuto Tributario.

Las personas extranjeras no domiciliadas en Colombia deberán presentar información financiera en idioma castellano y en moneda legal colombiana.

Los consorcios y uniones temporales deberán presentar el Balance General, el estado de resultados y la declaración de renta, de cada uno de los integrantes del consorcio o unión temporal, por separado, en las mismas condiciones a las estipuladas en este punto.

Cualquier inconsistencia, inexactitud o incumplimiento de lo que expresamente solicitan las leyes vigentes al respecto será causal suficiente para el rechazo de la propuesta.

En el caso que al proponente se le venza el plazo para presentación de la declaración de renta en fecha posterior a la fecha de cierre de la licitación, deberá presentar los ESTADOS FINANCIEROS BASICOS Y ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS mencionados en este numeral a 31 de Diciembre de 1.998.

Sin embargo el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", podrá solicitarlos a fecha diciembre 31 de 1.999 una vez lo requiera para el estudio y comparación de las propuestas y se encuentre vencido el término de la DIAN para su presentación.

3.2.13 Costo unitario de los materiales en el sitio de la obra, utilizados para el cálculo de los precios. El proponente podrá relacionar otros materiales si lo desea. La no presentación de este documento será causal de no análisis en la Evaluación de los Ítems Representativos y tendrá Cero (0) puntos en este capítulo. De existir diferencia entre el precio básico de la lista y el precio básico del análisis se tomará el correspondiente a la lista y se corregirá el análisis correspondiente con los cambios que se produzcan en el valor final de la propuesta.

3.2.14 Lista de precios básicos de equipo y jornales de personal. La no presentación de este documento será causal de no análisis en la Evaluación de Items Representativos y tendrá Cero (0) puntos en este capítulo. De existir diferencia entre el precio básico de la lista y el precio básico del análisis se tomará el correspondiente a la lista y se corregirá el análisis correspondiente con los cambios que se produzcan en el valor final de la propuesta.

3.2.15 Certificado de visita al sitio de obra expedido por el DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA". La propuesta es un todo, para el completo análisis de la misma, se deben presentar todos los documentos requeridos, la falta de uno de ellos elimina de inmediato la oferta y no se tendrá en cuenta para la evaluación.

3.3. DOCUMENTACIÓN ADICIONAL PARA FIRMAS EXTRANJERAS

Además de los documentos exigidos en el presente pliego, las sociedades extranjeras deben anexar los siguientes documentos con el fin de acreditar su existencia y representación,

- } Documentó autenticado, que acredite la inscripción en el registro de proponentes del país donde se encuentra inscrita la firma.

* expedición de este certificado no debe ser mayor a noventa (90) días de la fecha de cierre de la presente licitación.

- En el caso en que el registro expedido por el país de origen no haga referencia al valor máximo permitido para contratar, se debe demostrar que los contratos realizados los últimos dos (2) años han superado el valor estipulado para esta contratación.

- } Documento que certifique o acredite las facultades del representante legal de la firma para suscribir el contrato, en el caso que le sea asignado, a través de copia del documento legal, donde se mencione lo anterior y anotando que el plazo de duración de la sociedad será mayor al plazo del contrato y al de vigencia de la póliza de cumplimiento.

- } Las empresas extranjeras sin sede o sucursal en Colombia, deben acreditar un representante exclusivo para el país, que se encuentre facultado para servir de puente en el establecimiento de contratos con el correspondiente registro de proponentes inscrito en la cámara de comercio de la República de Colombia.

3.4 PAGO DE LOS TRABAJOS

Los trabajos y equipos objetos de esta Licitación se pagarán con base a las cantidades de obra autorizadas y aceptadas, multiplicadas por los precios unitarios acordados en el Contrato, o por suma global si el Contrato así lo indica, según los términos contractuales respectivos. Los precios cotizados por los proponentes deben cubrir los costos de explotación, cargue y descargue, acarreo e incorporación a la obra de los materiales; la mano de obra incluido cualquier sobresueldo y prestaciones sociales; el suministro, uso y mantenimiento de las herramientas y maquinaria; y todos los demás gastos inherentes al cumplimiento satisfactorio del contrato, inclusive las contingencias e imprevistos, gastos de administración y utilidades del Contratista.

Los precios unitarios que se pacten en el contrato no estarán sujetos a reajustes de ninguna índole durante el desarrollo de éste.

Los precios unitarios deberán aproximarse al peso, bien sea por exceso o por defecto.

3.5 GARANTIA DE SERIEDAD DE LA PROPUESTA

Para participar en esta Licitación es requisito previo que la propuesta esté acompañada de la garantía de seriedad de la propuesta por un valor en una cuantía equivalente al 10% del Valor Total de la Propuesta, válida como mínimo por 120 días calendario contados a partir de la fecha de cierre de la licitación y apertura de propuestas. En caso de prórroga del cierre de la Licitación esta garantía deberá constituirse a partir de la nueva fecha de cierre, apareciendo como afianzado la firma proponente, y como beneficiario el Municipio de Santiago de Cali Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente. DAGMA.

EL Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", una vez adjudicado y perfeccionado el Contrato y aprobada la garantía única, devolverá la garantía de seriedad de la propuesta al proponente favorecido. Las garantías de seriedad de las propuestas de los proponentes que no resultaren favorecidos, se les devolverán dentro de los treinta (30) días calendario siguiente a la aprobación de la garantía única del contrato adjudicado.

Al Proponente se le hará efectiva la garantía de seriedad de su propuesta cuando de serie adjudicado el contrato, no proceda dentro del plazo estipulado, a firmar el contrato o a constituir la garantía única de cumplimiento del contrato, "Salvo fuerza mayor o caso fortuito debidamente comprobados, la garantía de seriedad se hará efectiva a favor del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", si el adjudicatario no se allanare a cumplir las obligaciones establecidas

en el pliego y especialmente, las de mantener su propuesta, suscribir oportunamente el contrato que hace parte del pliego, constituir la garantía única y realizar dentro del termino señalado los actos que correspondan y que sean necesarios para que el contrato pueda comenzar a ejecutarse.

Lo anterior sin menoscabo de las acciones legales conducentes al reconocimiento de los perjuicios causados y no cubiertos por el valor de la citada garantía.

CAPITULO IV PRESENTACION DE LAS PROPUESTAS

4.1 PRESENTACION DE LAS PROPUESTAS

Las propuestas se entregarán en la **Sala de Juntas, del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", en la Calle 10 No. 9-07**, teléfono No. 6605708 y 6605751, dentro del plazo fijado para la licitación, entendido como el término entre su apertura y su cierre.

Los proponentes presentarán en sobres cerrados las propuestas en original y dos (2) copias, indicando claramente en cada una de ellas el tipo de propuesta que contiene y marcando: Original, Primera y Segunda copia.

El original y las copias de la propuesta deberán ser escritos a máquina o en tinta indeleble, debidamente foliadas, sin ninguna modificación o enmienda.

Los sobres deberán estar dirigidos a **EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA"** a la siguiente dirección:

Calle 10 No. 9-07 - Santiago de Cali. Cada sobre debe llevar como identificación lo siguiente:

**DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HIDRICO DEL MUNICIPIO DE
SANTIAGO DE CALI
LICITACION PUBLICA NACIONAL No. ????????
PROPONENTE:**

Cada proponente o su delegado depositará su propuesta en la urna destinada para el efecto en la Oficina del **DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA"** - Santiago de Cali, antes de la fecha y hora señaladas en el numeral 1.3 de este pliego.

4.2. RELACIÓN DE COSTOS DE LA PROPUESTA

El valor de la propuesta debe ser sustentado por el proponente con la presentación discriminada de los costos por ítem según el anexo 3, teniendo en cuenta que deben ser incluidos todos los costos necesarios para poner en funcionamiento el sistema o red de monitoreo del recurso hídrico que es objeto de la licitación.

1. Costos de construcción de las estaciones, incluyendo materiales, mano de obra, transporte, ensayos, equipo necesario.
2. Costos de importación de equipos, incluyendo fletes, seguros, impuestos, tramites, costos de nacionalización, licencias.
3. Costos de transporte hasta el Municipio de Santiago de Cali.
4. Almacenamiento en la ciudad.
5. Alquiler de materiales y equipos necesario para la construcción de las estaciones y equipos de monitoreo.
6. Costos del personal requerido en la obra.
7. Costos administrativos generados.
8. Utilidad esperada.
9. Todos los costos que sean necesarios para atender posibles imprevistos que no se hayan considerado en el presupuesto inicial.

Los costos de la propuesta se tomaran como fijos e inmodificables, por lo cual se deben tener en cuenta por parte del proponente; los posibles sobre costos asociados a la inflación interna o fenómenos internacionales. EL DAGMA no reconocerá ajustes económicos durante la ejecución del proyecto, ni en etapas posteriores.

Es necesario insistir que todos los costos serán presentados en pesos Colombianos únicamente.

El contratista será el único responsable de daños, pérdidas, factores relacionados con la obra hasta que se hayan entregado formalmente al DAGMA.

4.3. PLAN DE TRABAJO Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Se considera importante la buena sustentación técnica de las propuestas para conocer la capacidad e idoneidad del proponente en la ejecución de la obra. La Metodología a presentar debe explicar todos los procesos. ***.

CAPITULO V

APERTURA Y EVALUACION DE PROPUESTAS, ADJUDICACION DEL CONTRATO

5.1 APERTURA DE LAS PROPUESTAS

Las propuestas serán abiertas en la fecha señalada en el Capítulo I del presente Pliego de Condiciones.

La apertura de las propuestas recibidas, incluyendo las solicitudes de retiro de propuestas, se efectuará en presencia de los proponentes que deseen asistir al acto de cierre de la licitación y apertura de propuestas. De lo anterior se levantará un acta donde se consignarán los nombres de los proponentes; el valor total de las propuestas; la vigencia, el valor asegurado, el asegurado y el tomador de la Garantía de Seriedad de la Propuesta; el número de folios; y las solicitudes recibidas en cuanto a retiros, si las hay.

5.2 CONFIDENCIALIDAD DEL PROCESO DE EVALUACION

La información relativa al análisis, aclaración, evaluación y comparación de las propuestas y las recomendaciones para la adjudicación del contrato no podrán ser reveladas a los licitantes ni a otra persona que no participe oficialmente en dicho proceso hasta que EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", comunique a los proponentes que el informe de evaluación de las propuestas se encuentra a disposición de los proponentes en la Sala de Juntas del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente "Dagma", para que presenten las observaciones correspondientes, de conformidad con lo establecido en el último inciso del numeral 5.5.7 del presente pliego.

Todo intento de un licitante para influir en el procesamiento de las ofertas o en la decisión sobre la evaluación por parte del contratante dará lugar al rechazo de la oferta de ese licitante.

5.3 TERMINO PARA LA EVALUACION DE LAS PROPUESTAS

Los estudios técnicos y jurídicos necesarios para la evaluación de las propuestas y las solicitudes a los proponentes para que aclaren o expliquen sus propuestas, se realizarán dentro de los quince (15) días calendario o siguientes a la fecha de cierre de la licitación y apertura de propuestas.

5.4 VERIFICACION DE LAS PROPUESTAS

EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", antes de proceder a la evaluación de las propuestas, comprobará que se cumplan los requisitos enunciados a continuación, y que las propuestas se ajustan a las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones. Cualquier propuesta que no cumpla estos requisitos será descartada.

5.4.1 Se verificarán aritméticamente las propuestas. Se corregirán los errores aritméticos que se presenten en la "Lista de Cantidades de Obra, Precios Unitarios y Valor Total de la Propuesta". El valor verificado de la propuesta será el utilizado para la comparación con los correspondientes a otras propuestas y será el que se tendrá en cuenta en la adjudicación y suscripción del contrato.

5.4.2. Si el valor corregido de la propuesta tiene una diferencia mayor del uno por ciento (1%) con respecto al valor total original, la propuesta no será considerada para la evaluación y posterior adjudicación.

5.4.3 Se comprobará que los proponentes, con base en la información suministrada en el Cuadro de Información de Contratos Vigentes en ejecución y contratos adjudicados sin iniciar, posean una Capacidad de Contratación Disponible (KDC). Cualquier propuesta que no demuestre ésta capacidad exigida no será tomada en cuenta en la evaluación de propuestas.

La Capacidad de Contratación Disponible (KDC) para cada proponente, se determinará de la siguiente manera:

$$KDC = Ki - Ve$$

donde:

KDC = Capacidad de Contratación Disponible

Ki = Capacidad de Contratación inscrita como constructor en la CAMARA DE COMERCIO.

Ve = Valor total de las obras por ejecutar bajo contratos con cualquier entidad en SMMLV, inclusive contratos adjudicados pero no iniciados, en la fecha de apertura de la Licitación del formulario No. 5.

Para el caso de consorcios o uniones temporales, el valor de la Capacidad de Contratación Disponible (KDC) será la suma de las capacidades de contratación disponibles de los integrantes del mismo.

5.4.4 Se verificará que los proponentes a la fecha de evaluación de las propuestas conserven la capacidad mínima exigida para participar en la licitación, utilizando el mismo procedimiento descrito en el numeral anterior.

Las propuestas que cumplan con la totalidad de los requisitos anteriores y se ajusten a las condiciones establecidas en los documentos de la licitación, serán evaluadas de acuerdo con el numeral 5.5 de este pliego de condiciones.

5.4 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION Y ADJUDICACION

1. Relación de documentos necesarios presentados en la propuesta:(Ver item 3.2 del Pliego de Condiciones).
2. Revisión Jurídica
3. Revisión Financiera

Para proceder al análisis financiero, las firmas proponentes deberán tener en cuenta las siguientes razones:

INDICE DE LIQUIDEZ

$$\text{Corriente} = \frac{\text{Activo Corriente}}{\text{Pasivo Corriente}}$$

INDICE DE RENTABILIDAD

$$\text{Margen de Utilidad en Ventas} = \frac{\text{Utilidad Neta} \times 100 \%}{\text{Ingresos Operacionales}}$$

LAS PROPUESTAS DEBEN CUMPLIR LAS SIGUIENTES CONDICIONES FINANCIERAS PARA SER HABILITADAS PARA EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN TÉCNICA.

- 1.1 Liquidez $X \geq 1.25$
- 1.2 Rentabilidad $X \geq 1.25\%$

NOTA 1

El proponente debe cumplir las razones financieras 1.1 Y 1.2 y en caso contrario dará lugar al rechazo de la propuesta.

En los Consorcios o Uniones Temporales cada uno de los integrantes debe cumplir con las razones financieras de los numerales 1.1 y 1.2 El numeral 1.1 será la suma de los Capitales de Trabajo de cada uno de los integrantes del Consorcio o de la Unión Temporal. En caso de que alguno de los integrantes no cumpla alguna de las razones, la propuesta no será tenida en cuenta para su evaluación técnica.

Las propuestas serán evaluadas teniendo en cuenta los siguientes criterios de evaluación sobre una asignación máxima total de cien (100) puntos.

5.5.1 PRECIO = 30 puntos

El factor precio tendrá una asignación de 30 puntos, como máximo, distribuidos así:

- Se determinará la media geométrica (G) teniendo en cuenta los valores totales de las propuesta hábiles, incluyendo el presupuesto oficial.
- Propuestas cuyos valores estén comprendidos entre el noventa y cinco por ciento (95%) y el cien por ciento (100%) de la media geométrica (G), tendrán treinta puntos (30)
- Propuestas superiores al ciento cinco por ciento (105%) o inferiores al noventa por ciento (90%) de la media geométrica tendrán una calificación de cero (0) puntos.
- Propuestas entre el noventa por ciento y noventa y cinco por ciento de la media geométrica tendrán entre cero y treinta puntos utilizando una relación lineal.
- Propuestas entre el cien por ciento y ciento cinco por ciento de la media geométrica tendrán entre treinta y cero puntos utilizando una relación lineal.
- Propuestas cuyos valores sean superiores al ciento diez por ciento (110%) del presupuesto oficial o inferiores al 90% del mismo no se tendrán en cuenta en el proceso de calificación y evaluación.

5.5.2 EXPERIENCIA EN OBRAS SIMILARES = 20 PUNTOS.

Para la evaluación de este factor se tendrá en cuenta las obras ejecutadas y en ejecución en obras similares durante los últimos SIETE (7) años. **(Formularios #2)**

Se tendrán en cuenta los contratos ejecutados durante los últimos siete (7) años a partir de la fecha de apertura, con su objeto, entidad contratante, valor total, valor equivalente en S.M.M.L.V. a la fecha de iniciación del contrato.

Los salarios mínimos legales vigentes en cada año correspondiente son los siguientes:

1993	\$ 81,510.00
1994	\$ 98,700.00
1995	\$118,933.50
1996	\$142,125.00
1997	\$172,005.00
1998	\$203,826.00
1999	\$236,460.00
2000	\$260,100.00

Para los contratos iniciados dentro del periodo que se esta considerando y que aún no han terminado, se considerará el valor facturado hasta la fecha (sin incluir ajustes), y el salario mínimo legal vigente que se tendrá en cuenta será el del año de iniciación de los contratos.

Cuando se trate de subcontratos, deberá anexarse fotocopia del mismo debidamente legalizado o de documentos que permitan a EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", verificar la información suministrada.

Esta información deberá presentarse en forma organizada con el fin de poderla evaluar debidamente para lo cual se deberá utilizar el cuadro anexo para tal fin.

La evaluación de este aspecto se efectuará con la información suministrada por el proponente en su propuesta.

El puntaje se asignará con base en el valor en salarios mínimos legales vigentes (SMMLV) de las obras ejecutadas así:

En Salario Mínimos Legales Vigentes

S.M.M.L.V	PUNTOS
-----------	--------

< 2000	0
2.001 – 3.500	10
>= 3.501	20

5.5.3 ITEM REPRESENTATIVOS = 30 PUNTOS

El factor de items representativos tendrá asignación de 30 puntos, como máximo, distribuidos entre los siguientes items así:

ITEMS	MAXIMO PUNTAJE (P)
??????	????
??????	????
??????	????
TOTAL	???? PUNTOS

Se determinará la media geométrica (G) teniendo en cuenta los valores del item en cada una de las propuestas hábiles. Sin incluir el precio considerado para el Item en el presupuesto oficial..

Propuestas cuyo item esté comprendido entre el noventa y cinco por ciento (95%) y el cien por ciento (100%) de la media geométrica (G), tendrán el máximo puntaje (P) descrito en la tabla anterior

Propuestas cuyo item sea superior al ciento cinco por ciento (105%) o inferior al noventa por ciento (90%) de la media geométrica (G), tendrán una calificación de cero (0) puntos.

Propuestas cuyo item esté entre el noventa por ciento (90%) y noventa y cinco por ciento (95%) de la media geométrica tendrán entre cero y 7.5 puntos utilizando una relación lineal.

Propuestas cuyo item esté entre el cien por ciento (100%) y ciento cinco por ciento (105%) de la media geométrica tendrán entre 7.5 y cero puntos utilizando una relación lineal.

5.5.4 EQUIPO DISPONIBLE = 10 PUNTOS

El equipo mínimo requerido para desarrollar la obra y su puntaje es el siguiente:

- ???????? 4 puntos

- ???..... 3 puntos
- ??..... 2 puntos
- ?????????????????????????????????..... 1 punto

TOTAL

10 PUNTOS

El proponente debe presentar documentación que acredite la propiedad del equipo en caso que no se encuentre relacionado en el registro único de proponentes.

Si el proponente no dispone del equipo en el registro único de proponentes o no acrediten la propiedad del mismo podrá presentar constancia de disponibilidad de alquiler del equipo. Caso en el cual deberá acreditar carta de intención de alquiler de quien lo posea a su vez garantizada la propiedad anexando la inscripción del mismo en el registro único de proponentes de la Cámara de Comercio.

Si un proponente presenta un determinado equipo de su propiedad en su propuesta, este no podrá ser comprometido en alquiler para otra propuesta. De presentarse esta situación obtendrá cero (0) puntos en el análisis de Equipo.

5.5.5 CUMPLIMIENTO EN CONTRATOS ANTERIORES EN LOS ULTIMOS TRES (3) AÑOS =10 PUNTOS

Si el proponente o uno de los integrantes del consorcio o unión temporal que propone, no registra sanción alguna ejecutoriada por parte del DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA" o no se le conocen sanciones ejecutoriadas por otras entidades oficiales de Colombia u otros países durante los últimos tres (3) años, obtendrá **diez (10) puntos**, en caso contrario obtendrá cero (0) puntos

5.5.6 ADJUDICACION

Se escogerá la propuesta que obtenga el mayor puntaje de acuerdo a lo establecido en el Numera 1.1 de este pliego. En caso de presentarse un empate en el mayor puntaje total obtenido por dos o más proponentes en la evaluación técnica, el orden de elegibilidad de las propuestas será: Primer lugar para el proponente de los que estén empatados que tenga el menor precio. Si persiste el empate el primer lugar será para el proponente que ofrezca la mayor cantidad de equipo propio. Si persiste el empate el primer lugar será para el proponente de los que estén empatados que presente la mayor razón de liquidez.

5.5.7 INFORME DE EVALUACION

El informe de evaluación de las propuestas permanecerá en las oficinas de EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", por un termino de Cinco (5) días hábiles contados a partir de la fecha que para tal efecto se fije, con el fin de que los proponentes presenten las observaciones que estimen convenientes. En ejercicio de esta facultad, los proponentes no podrán completar, adicionar, modificar o mejorar sus propuestas.

5.6 CIRCUNSTANCIAS QUE DETERMINAN EL NO CUMPLIMIENTO DE UNA PROPUESTA Y SU CONSECUENTE RECHAZO

Las propuestas que no cumplan con los requisitos de este Pliego de Condiciones, no serán tomadas en cuenta en la evaluación, especialmente cuando se presente cualquiera de los siguientes casos:

- a) Cuando estén incompletas en cuanto a que no cumplen lo especificado o dejen de incluir alguno de los documentos que de acuerdo con este pliego se requiera adjuntar a la propuesta.
- b) Cuando no sea suscrita la Carta de Presentación de la Propuesta por la persona natural proponente o por el representante legal de la firma proponente, o no tenga aval del ingeniero cuando se requiera.
- c) Cuando EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", determine que el Proponente haya presentado información inexacta, inconsistente, contradictoria o incompleta con relación a su capacidad financiera y operativa para realizar la obra objeto de la Licitación según su programa de trabajo, o en cuanto a su desempeño satisfactorio en ejecutar contratos anteriores de esta naturaleza.
- d) Cuando el Proponente haya tratado de interferir, influir o informarse indebidamente en el análisis de las propuestas.
- e) Cuando se compruebe confabulación entre algunos de los proponentes.

5.7 DECLARATORIA DE DESIERTA LA LICITACION

EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", podrá declarar desierta la Licitación cuando existan motivos o causas que impidan la escogencia objetiva de conformidad con lo establecido en el numeral 18 del artículo 25 de la ley 80 de 1.993.

5.8 ADJUDICACION

La adjudicación del contrato se hará dentro de los quince (15) días calendario siguientes a aquel en que haya vencido el plazo previsto en el numeral 8 del artículo 30 de la ley 80 de 1.993. Dicha adjudicación se hará mediante Resolución del DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", que se notificará al **Proponente** favorecido en la forma y términos establecidos en el Código Contencioso Administrativo.

Ejecutoriada la Resolución de Adjudicación, ésta es irrevocable y obliga al DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA" y al Adjudicatario.

En el evento de no haberse realizado el acto de adjudicación en audiencia pública se comunicara a los no favorecidos dentro de los cinco (5) días calendario siguientes.

5.9 SUSCRIPCION Y LEGALIZACION DEL CONTRATO

Dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes a la notificación de la Resolución de Adjudicación, el proponente favorecido o su representante legal, deberá presentarse a suscribir el contrato respectivo.

Si el adjudicatario no suscribe el contrato adjudicado dentro de este término, quedará a favor del DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", en calidad de sanción, el valor del depósito o garantía constituido para responder por la seriedad de la propuesta, sin menoscabo de las acciones legales conducentes al reconocimiento de perjuicios causados y no cubiertos por el valor del depósito o garantía.

En este evento, EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", mediante acto administrativo debidamente motivado, podrá adjudicar el contrato, dentro de los quince (15) días siguientes, al proponente calificado en segundo lugar, siempre y cuando su propuesta sea igualmente favorable para la entidad.

El Contrato se perfecciona con la suscripción por las partes. Para su ejecución se requiere, por parte de EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", registro presupuestal expedido por la División de Presupuesto y aprobación de la garantía única constituida por EL CONTRATISTA. Así mismo, El CONTRATISTA publicará el contrato en el Diario Oficial, requisito que se entiende cumplido con el pago de los derechos correspondientes. El CONTRATISTA pagará el Impuesto de Timbre en la cuantía que señale la ley dentro de los tres (3) días siguientes a la firma del contrato.

CAPITULO VI CONDICIONES DE CONTRATO

6.1 ADJUDICATARIO

El adjudicatario del Contrato que ha de cumplir lo preceptuado en este Pliego de Condiciones recibe la denominación de Contratista.

6.2 INTERVENTORIA

EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", designará una Interventoría del Contrato.

Durante el desarrollo de los trabajos del Contrato, todas las relaciones directas del Contratista con EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", se desarrollarán a través de la Interventoría.

6.3 CESIONES Y SUBCONTRATOS

El **Contratista** no podrá ceder el contrato ni subcontratar ninguna parte de los trabajos objetos del mismo, a persona alguna natural o jurídica, nacional o extranjera, sin previo consentimiento por escrito de EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", pudiendo éste reservarse las razones que tenga para negar la autorización de la cesión o el subcontrato.

En todos los casos el **Contratista** es el único responsable por la correcta ejecución de la obra en fiel cumplimiento con las exigencias contractuales.

6.4 OBJETOS HISTORICOS

Si durante la ejecución de las obras se encuentran objetos arqueológicos, o de interés histórico, el Contratista deberá notificar a EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", acerca del descubrimiento y seguir las instrucciones que éste impartiese.

6.5 PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE

El Contratista se obliga a ejecutar las obras de acuerdo con las disposiciones legales vigentes sobre el medio ambiente y las normas especiales para el trámite y obtención de las autorizaciones y permisos específicos otorgados por autoridad competente para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales. Los permisos, licencias, autorizaciones y concesiones para la explotación de recursos naturales

serán tramitadas y obtenidos por cuenta y riesgo del Contratista; no obstante lo anterior EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", podrá colaborar en la obtención de dichos permisos.

6.6 ENTREGA Y CUIDADO DE LA ZONA DE LA OBRA

Desde la fecha de la Orden de Iniciación de la obra, por parte DEL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", y hasta la entrega definitiva de las obras a la Contratante, será responsabilidad única del Contratista el guiar el tránsito y tomar las medidas necesarias para la prevención de riesgos a los usuarios, al personal que trabaja en la vía y al público en general. El Contratista está en la obligación de señalizar y mantener el tránsito, si lo hubiere, en el sector contratado, o de proveer desvíos adecuados, de acuerdo con las estipulaciones y especificaciones vigentes sobre la materia, las cuales se pueden consultar en las oficinas DEL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA". Durante la vigencia del Contrato el **Contratista** es el único responsable en el sector contratado, de la conservación, señalización y el mantenimiento del tránsito, si lo hubiere.

El incumplimiento de esta obligación, durante la ejecución del contrato, causará al Contratista la imposición de sanciones de acuerdo con la resolución del DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", que reglamente la materia, proporcionales al valor del contrato y/o a los perjuicios sufridos por la Contratante, sin perjuicio de la responsabilidad civil extracontractual.

El Contratista está obligado a suministrar y colocar a cada extremo de la zona de la obra, en un término máximo de veinte (20) días calendario a partir de la fecha de la Orden de Iniciación de las obras, vallas de información rectangulares de acuerdo con lo establecido en la Resolución No. 0001000 del 16 de Enero de 1996 del Ministerio de Transporte.

6.7 ACCESO A LA ZONA DE LA OBRA

Los representantes y empleados autorizados por EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", tendrán acceso permanente al lugar de los trabajos, a las fábricas en donde estén en elaboración o vayan a fabricarse los materiales que se utilizarán en la obra y a los laboratorios donde se realicen ensayos a las muestras tomadas y a los materiales utilizados en la construcción. Para tal fin, el **Contratista** debe proporcionar los medios necesarios y arreglos razonables con los fabricantes o distribuidores para facilitar la inspección de los procedimientos y productos en la forma como interese a

EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA".

6.8 FUERZA MAYOR O CASO FORTUITO

El Contratista quedará exento de toda responsabilidad por cualquier daño o dilación de las obras durante la ejecución del contrato, pero sin derecho a indemnizaciones, cuando sea determinado por EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", que tales hechos son el resultado de caso fortuito o fuerza mayor, debidamente comprobados, caso en el cual los gastos que demanden las reconstrucciones o reparaciones de las obras afectadas serán por cuenta de EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", siempre que el Contratista haya dado aviso oportunamente al Ingeniero Residente de la Interventoría sobre la ocurrencia y causas de tales hechos y que la diligencia con que el Contratista actuó ante ellos se hayan hecho constar dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a la fecha en que ocurriesen dichos hechos, en actas suscritas por el Interventor y el Contratista y con visto bueno del DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA". Todas las obras adicionales originadas por caso fortuito o fuerza mayor deberán ser consignadas en acta, debidamente aprobada. El Contratista en ningún caso puede reclamar el pago de compensación por concepto de lucro cesante ni por pérdida de equipos u otros elementos de su propiedad debido a caso fortuito o fuerza mayor. En el evento en que EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", concluya que el caso no fue fortuito o de fuerza mayor, correrán además por cuenta del Contratista, todas las reparaciones, reconstrucciones, e indemnizaciones a que haya lugar.

6.9 PROGRAMA DE TRABAJO E INVERSIONES

El Contratista puede variar su programa de trabajo e inversiones presentado en su oferta, con la aprobación de la Interventoría, siempre y cuando la obra se termine dentro del plazo y monto de contrato acordados y en cabal cumplimiento de las especificaciones técnicas y otras disposiciones del Contrato.

6.10 RESPONSABILIDAD POR EXPLOTACION DE FUENTES DE MATERIALES

Serán por cuenta y responsabilidad del Contratista, los costos de construcción, mejoramiento y conservación de las vías de acceso a las fuentes de materiales, y todos los demás costos necesarios para la explotación de éstas, así como los costos de adquisición, explotación de préstamos y sus correspondientes servidumbres. El Contratista será el responsable de realizar todos los trámites tendientes a la obtención de los permisos, licencias ambientales y servidumbres que

sean necesarios para estos casos y el pago que de ellos se derive. No obstante, EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", podrá colaborar en dichos trámites si se lo estima conveniente.

6.11 PAGO DE IMPUESTOS

El Contratista pagará todos los impuestos, tasas y gravámenes que se deriven de la ejecución del Contrato, de conformidad con la ley colombiana.

6.12 PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL

El Contratista, además de la obligación de establecer y ejecutar en forma permanente el programa de salud ocupacional según lo establecido en las normas vigentes, es responsable de los riesgos originados en su ambiente de trabajo y deberá tomar las medidas del caso para aminorar dichos riesgos. (Capitulo VI PREVENCIÓN Y PROMOCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES Decreto 1295 de 1.994)

6.13 ANTICIPO

EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", otorgará al Contratista un anticipo hasta del 50% del valor del contrato.

Para el cobro del anticipo bastará que el Contratista presente la constancia de aprobación de las pólizas respectivas expedida por el funcionario competente.

6.14 RECIBO DEFINITIVO DE LOS TRABAJOS

Inmediatamente antes de la terminación de los trabajos o en los eventos de terminación anticipada previstos en la Ley, antes de la liquidación del Contrato, el Contratista comunicará, por escrito, la fecha de dicha terminación al Interventor. Recibido el aviso, el Interventor convocará al Contratista a la Gestión de Recibo definitivo de los trabajos, la cual debe tener lugar, a más tardar, diez (10) días hábiles después de la fecha señalada.

Los trabajos se considerarán recibidos por EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", una vez realizada la Gestión de Recibo Definitivo, a menos que se hubieren detectado casos importantes de obras defectuosas. De ser así, se realizará una nueva Gestión de Recibo Definitivo, una vez que el Contratista haya avisado por escrito a EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", que ha realizado las reparaciones necesarias de las obras defectuosas.

Durante la Gestión de Recibo Definitivo de los Trabajos, en la cual deberán participar el Contratista, el Interventor y un funcionario de EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", designado para el efecto, se elaborará un Acta de Recibo Definitivo de los Trabajos, en la cual se dejarán las siguientes constancias: a) de los daños y defectos encontrados en los trabajos y las observaciones adicionales eventuales del Interventor; b) de los comentarios eventuales del Contratista; y c) de los trabajos dejados de recibir por no cumplir los requisitos exigidos. El Acta deberá ser firmada por EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", el Contratista y el Interventor.

Terminado el contrato se hará la entrega definitiva de la obra, compuesta por estaciones y equipos ilustrados, en perfecto estado de conservación a EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", mediante un acta suscrita por el Contratista, el Interventor y Grupo Saneamiento Básico.

6.15 TRABAJOS DEFECTUOSOS

El Contratista estará obligado a corregir a sus expensas, todas los trabajos defectuosos encontrados durante la Gestión de Recibo Definitivo de los trabajos.

Se entiende por trabajo defectuoso, el que haya sido ejecutado sin tener en cuenta las exigencias de estos Pliegos, o las observaciones del Interventor, o sin cumplimiento de las especificaciones técnicas.

El Interventor establecerá un plazo para la reparación de los trabajos defectuosos por parte del Contratista, quien realizado el trabajo, notificará de este hecho por escrito al Interventor.

Recibida esta información o cumplido el plazo para la ejecución de las correcciones y dentro de diez (10) días hábiles a partir de este término, el Interventor notificará al Contratista, por escrito, acerca de las correcciones que acepta y las que rechaza.

El Contratista debe proceder de inmediato a ejecutar las correcciones pendientes y, en caso de no hacerlo, EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", se reservará el derecho de iniciar las correcciones por cuenta del Contratista, descontando su valor en el Acta de Recibo Definitivo de los Trabajos e imponiendo las sanciones que correspondan.

En todos los casos, se determinarán los plazos para las reparaciones de los daños o defectos encontrados, de acuerdo con la magnitud y dificultad del trabajo necesario y se notificarán por escrito.

6.16 LIQUIDACION DEL CONTRATO

Terminado el contrato en pleno cumplimiento de las condiciones contractuales, EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA" procederá a su debida liquidación según las normas y procedimientos pertinentes. De La liquidación del contrato deberá levantarse un acta suscrita por el EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA" o su delegado, el contratista y el interventor encargado de controlar y vigilar la ejecución del objeto contractual. Además, se procederá a la liquidación en las siguientes circunstancias:

- Cuando se haya ejecutoriado la providencia que declaró la caducidad.
- Cuando las partes den por terminado el contrato por mutuo acuerdo, lo cual podrá hacerse en todos los casos en que tal determinación no implique renuncia a derechos causados o adquiridos en favor de la entidad contratante.
- Cuando se haya ejecutoriado la providencia judicial que lo declaró nulo.
- Cuando la autoridad competente lo declare terminado unilateralmente conforme a lo establecido en el Contrato y la Ley 80 de 1993.
- La liquidación del contrato se iniciará a más tardar dentro de los treinta (30) días siguientes a la ocurrencia de cualquiera de los eventos señalados anteriormente.

EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA", podrá liquidar unilateralmente el contrato en los siguientes casos:

- a) Cuando el **Contratista** no se hiciese presente a suscribir el Acta de Liquidación Final, dentro de los treinta (30) días calendario al recibo de la misma.
- b) Cuando habiéndosele solicitado al **Contratista** la presentación de las pólizas correspondientes no lo hiciese en su oportunidad.
- c) En el evento en que el **Contratista** habiéndose hecho presente no suscribiere el Acta Final de Liquidación por estar en desacuerdo con la misma o, si la suscribiere y la objetare, EL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE "DAGMA" procederá a declararla en firme mediante resolución motivada. Contra dicha resolución procederán los recursos de ley.

Los documentos que se requieren para la liquidación del contrato son los siguientes:
- Original del Acta de Recibo Definitivo.

- Original o fotocopia del Acta Final de las Obras.
- Relación de Pagos.
- Pólizas.

CAPITULO VII

ESPECIFICACIONES PARTICULARES

7. ASPECTOS TECNICOS Y FUNCIONALES.

En éste capítulo se define las " Especificaciones Particulares de Construcción" del Diseño del Sistema del Recurso Hídrico del Municipio de Santiago de Cali.

Las Especificaciones Particulares prevalecen sobre las Especificaciones Generales.

El departamento administrativo de Gestión del Medio Ambiente – Dagma, define como objetivos principales de la Red de las redes 1 y 2 de calidad del agua y la red de alertas:

1. Obtener información climatológica y de niveles de corrientes de agua en tiempo real, para su aplicación en el modelo de simulación hidrológica lluvia – caudal para las cuencas de cinco ríos de Cali: aguacatal, Cali, Meléndez, Cañaveralejo y Lili.
2. Posibilitar la detección temprana de eventos hidrológicos extremos en las cuencas monitoreadas por el DAGMA.
3. Suministrar oportunamente los datos necesarios para comunicar las alertas correspondientes de prevención a los posibles desbordamientos del río Cali, en coordinación con la oficina Regional de atención y prevención de Desastres y los Comités Locales de Emergencia (CLE).
4. Establecer un sistema automático de monitoreo de la calidad de las aguas que permita obtener en tiempo real la información sobre la calidad de este recurso, para poder establecer de manera clara el manejo de las cuencas, la limitación de los vertimientos contaminantes y su depuración en origen, ya sean industriales, agropecuarios o urbanos.
5. Posibilitar la transmisión de la información a otros sistemas hidrometereológicos que operan bajo el sistema satelital GOES.
6. Facilitar a las instituciones comprometidas con la protección y conservación del recurso hídrico, la toma de decisiones basadas en hechos y datos basados en hechos y datos sobre el futuro de los ríos a través de las inversiones y la implementación de planes de manejo.

El propósito con los equipos necesarios para el funcionamiento de la red, una vez han sido suministrados, montados, instalados y probado su funcionamiento por parte del CONTRATISTA, es el cumplimiento de los objetivos mencionados inicialmente. Para esto el CONTRATISTA, deberá suministrar los equipos, los sistemas de alimentación, de transmisión, además de la realización de las obras civiles necesarias para la conformación de las redes 1 o de salidas, la red 2 o de entradas a la ciudad y la red de alertas, de acuerdo con las especificaciones técnicas que aquí se describen.

Estas características técnicas deben ser iguales o superiores a las que aquí se describen. Para los equipos requeridos, además de tener alta confiabilidad, respaldada por la empresa seleccionada, asistencia técnica, y facilidades en la operación y mantenimiento.

7.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS.

Los equipos y elementos que formarán parte de las 3 redes (1,2 y de alertas), deberán ser fabricados con las ultimas tecnologías, con materiales apropiados para los usos en las cuencas de los ríos del Municipio de Cali, para esto en la propuesta deberá anexarse información general sobre los equipos y los tipos de materiales de elaboración.

Para garantizar una permanente operación del sistema sin suspensiones innecesarias, **EL CONTRATISTA** deberá anexar información sobre los repuestos y elementos necesarios para ser adquiridos por parte del DAGMA, indicando su facilidad para ser adquiridos en el país, el costo y los distribuidores principales.

Con relación a la asistencia técnica, **EL CONTRATISTA** debe garantizarla para los equipos adquiridos por un periodo mínimo de 10 años.

Por ningún motivo se aceptarán equipos con componentes de propósito dedicado o con numeración del fabricante solo se aceptaran equipos que utilicen en sus circuitos internos componentes estándar.

7.2 ACCESORIOS.

En la oferta los accesorios necesarios deben ser presentados por separado indicando:

- Los accesorios incluidos en el equipo
- Los accesorios operacionales para los equipos con referencias específicas.
- Los accesorios requeridos para actualizar los equipos o el sistema.

7.3 DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LOS RÍOS

El sistema de información que será conformado con las estaciones de monitoreo a instalar, está concebido como un "Sistema Integrado" porque permite reunir datos de las tres redes a saber: La red 2 o de entradas a la ciudad, la red 1 o de salidas y la red de alertas ubicada en la parte alta de los ríos.

Este sistema de información debe permitir la ampliación de los siguientes elementos con el fin de que sea abierto y adaptable a las condiciones requeridas por el DAGMA:

- Parámetros a monitorear en las estaciones pertenecientes a cada red.
- Estaciones de cada red.
- Usuarios de sistema de información.
- Otros elementos del sistema.

7.4 DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN.

El sistema de comunicaciones para su implementación entre cada una de las estaciones localizadas en los ríos, debe estar basado en la comunicación por vía satélite, entre los cuales el GOES se caracteriza por su aplicabilidad en sistemas de este tipo.

El sistema de comunicación propuesto debe permitir los ajustes y modificaciones necesarias para establecer compatibilidades con redes con características similares, como la existente actualmente en la CVC.

El sistema deberá ser ajustable y compatible con comunicaciones de tipo bidireccional entre las estaciones ubicadas en los ríos y el centro de control.

7.5 ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE CONSTRUCCION

Reglamento técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-98 del Ministerio de Desarrollo. Los proponentes deberán consultar el RAS-98 cuya copia magnética venden en ACODAL sede Cali. ???????

7.6 ESTACIONES DE LA RED DE ALERTAS

Con base en el objetivo principal de la implementación de una red de monitoreo climatológica para la parte alta de las cuencas de la ciudad, a continuación se definen las partes que conformarán cada estación fija de la red de alertas.

7.6.1. CASETA: El diseño típico de las casetas para las estaciones que forman parte de la red de alertas estará provista de muros de ladrillo y con encerramiento de malla para evitar actos vandálicos. Adicionalmente, tendrán acceso para el personal encargado de realizar actividades de calibración y mantenimiento preventivo o correctivo a los dispositivos electrónicos que conforman la estación.

Esta estructura debe tener las dimensiones necesarias para almacenar todos los dispositivos básicos encargados de que la estación opere adecuadamente.

7.6.2. COMPONENTES Y EQUIPOS:

Los dispositivos de la estación de la red de alerta serán:

- Bateria
- Datalogger
- Regulador de carga con corte por baja tensión de batería.
- Sistema electrónico de interfase para comunicación entre todas las partes de la estación climatológica.

En los exteriores de la caseta, sobre la plancha se ubicaran los siguientes elementos:

- Pluviografo.
- Panel solar.
- Antena de transmisión satelital GOES.
- Antena pararrayos.

7.6.3. DISEÑO DE LA ESTACIÓN:

El diseño arquitectónico de la caseta mencionada, el diseño detallado de la obra civil y el diseño estructural de la misma, deberá ser desarrollado por EL CONTRATISTA encargado de la obra.

7.6.4. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RED DE ALERTAS.

La localización de las estaciones climatológicas de la red de alertas a instalar es la siguiente:

Río Aguacatal: Altura de la quebrada San Pablo, donde la CVC tiene la estación pluviométrica San Pablo a una altura de 1871 m.s.n.m.

Río Cali: Corregimiento de pichindé, a 400 metros aguas debajo de la confluencia de los ríos pichindé y pichendecito, contiguo al puente Sofía, donde anteriormente se ubico una estación limnigrafica.

Río Cañaveralejo: Estación pluviométrica las brisas a una altura de 1228 m.s.n.m. (instalada por la CVC). ;

Río Meléndez: Bocatoma del acueducto la Reforma en jurisdicción del corregimiento de Villa Carmelo.

Río Lili: Estación pluviografica la ladrillera, a una altura de 1.180 m.s.n.m. (Instalada por la CVC).

7.7. ESTACIONES DE LA RED DE ENTRADAS (2)

El proyecto de implementación de la red de monitoreo para el recurso hídrico de la ciudad de Santiago de Cali, busca coleccionar información en tiempo real sobre la calidad del agua, evitando poner en peligro la salud y la vida de las personas que se abastecen de este recurso en el municipio.

Se considera estaciones provistas de instrumentos de medición para parámetros definidos según las necesidades del DAGMA, basados en el Decreto 1594 de 1984 que define la concentración de las sustancias presentes en el agua en función de los usos predominantes.

Estará conformada por estaciones automáticas fijas, ubicadas a la entrada de los ríos a la ciudad su función principal es el registro y transmisión en tiempo real de parámetros hidrológicos (nivel de agua) y de calidad de agua en situ (parámetros). Incluirá un sistema de toma de muestras automático, para la colección de muestras y posterior determinación de parámetros físico – químicos en el laboratorio. Los resultados obtenidos en esta red intermedia, dará las pautas para el desarrollo de programas de mejoramiento de usos del suelo en las cuencas de los 5 ríos objeto del contrato, y el manejo de las mismas

7.7.1. CASETA: El diseño típico de las casetas para las estaciones que forman parte de la red de alertas estará provista de muros de ladrillo y con encerramiento de malla para evitar actos vandálicos. Adicionalmente, tendrá acceso para el personal encargado de realizar actividades de calibración y mantenimiento preventivo o correctivo a los dispositivos electrónicos que conformen la estación.

Esta estructura debe tener las dimensiones necesarias para almacenar todos los dispositivos básicos encargados de que la estación opere adecuadamente.

7.7.2. COMPONENTES Y EQUIPOS: Con base en los objetivos principales de la red de monitoreo de la calidad de agua que se espera construir, a continuación se plantean algunas características generales de los equipos y componentes de las estaciones fijas ubicadas en la entrada de los ríos a la ciudad.

Los dispositivos de la estación de la red de entradas serán:

- Bateria
- Datalogger
- Regulador de carga con corte por baja tensión de batería.
- Sistema electrónico de interfase para comunicación entre todas las partes de la estación climatológica.
- Sensores de detección de parámetros de calidad y de nivel.

En los exteriores de la caseta, sobre la plancha se ubicaran los siguientes elementos:

- Panel solar.
- Antena de transmisión satelital GOES.
- Antena pararrayos.

7.7.3Diseño De La Estación:

El diseño arquitectónico de la caseta mencionada, el diseño detallado de la obra civil y el diseño estructural de la misma, deberá ser desarrollado por EL CONTRATISTA encargado de la obra.

7.8. ESTACIONES DE LA RED DE SALIDAS (1)

El proyecto de implementación de la red de monitoreo para el recurso hídrico de la ciudad de Santiago de Cali, busca coleccionar información en tiempo real sobre la calidad del agua, de los ríos de la ciudad; después de su paso por esta, con el fin de controlar niveles de contaminación y de evitar poner en peligro la salud y la vida de las personas que se abastecen de este recurso en otras zonas diferentes a la región objeto de este proyecto.

Se considera estaciones provistas de instrumentos de medición para parámetros definidos según las necesidades del DAGMA, basados en el Decreto 1594 de

1984 que define la concentración de las sustancias presentes en el agua en función de los usos predominantes.

Estará conformada por estaciones automáticas fijas, ubicadas a la salida, cerca de la desembocadura, de los ríos de la ciudad su función principal es el registro y transmisión en tiempo real de parámetros hidrológicos (nivel de agua) y de calidad de agua en situ (parámetros). Incluirá un sistema de toma de muestras automático, para la colección de muestras y posterior determinación de parámetros físico – químicos en el laboratorio. Los resultados obtenidos en esta red final, apoyara el desarrollo de programas de mejoramiento de usos del suelo en las cuencas de los 5 ríos objeto del contrato, y el manejo de las mismas

7.8.1. CASETA: El diseño típico de las casetas para las estaciones que forman parte de la red de alertas estará provista de muros de ladrillo y con encerramiento de malla para evitar actos vandálicos. Adicionalmente, tendrá acceso para el personal encargado de realizar actividades de calibración y mantenimiento preventivo o correctivo a los dispositivos electrónicos que conformen la estación.

Esta estructura debe tener las dimensiones necesarias para almacenar todos los dispositivos básicos encargados de que la estación opere adecuadamente.

7.8.2. COMPONENTES Y EQUIPOS: Con base en los objetivos principales de la red de monitoreo de la calidad de agua que se espera construir, a continuación se plantean algunas características generales de los equipos y componentes de las estaciones fijas ubicadas en la entrada de los ríos a la ciudad.

Los dispositivos de la estación de la red de entradas serán:

- Batería
- Datalogger
- Regulador de carga con corte por baja tensión de batería.
- Sistema electrónico de interfase para comunicación entre todas las partes de la estación climatológica.
- Sensores de detección de parámetros de calidad y de nivel.

En los exteriores de la caseta, sobre la plancha se ubicaran los siguientes elementos:

- Panel solar.
- Antena de transmisión satelital GOES.
- Antena pararrayos.

7.8.3Diseño De La Estación:

El diseño arquitectónico de la caseta mencionada, el diseño detallado de la obra civil y el diseño estructural de la misma, deberá ser desarrollado por EL CONTRATISTA encargado de la obra.

CAPITULO VIII

FORMULARIOS DE LA PROPUESTA Y OTROS DOCUMENTOS

ANEXO No.1

CARTA DE PRESENTACION DE LA PROPUESTA

Ciudad y Fecha:
Santiago de Cali

Ref: Licitación Pública Nacional No

Nosotros los suscritos _____ de acuerdo con las condiciones que se estipulan en los documentos de Licitación Pública Nacional No _____, hacemos la siguiente propuesta para la _____ y en caso de que nos sea aceptada por la GOBERNACION DEL VALLE DEL CAUCA, nos comprometemos a firmar el contrato correspondiente dentro del plazo fijado.

Declaramos así mismo:

1. Que esta propuesta y el contrato que llegase a celebrarse solamente comprometen a los firmantes de esta carta.
2. Que ninguna Entidad o persona distinta de los firmantes tienen interés comercial en esta propuesta ni en el contrato que de ella se pueda derivar.
3. Que hemos visitado los sitios de los trabajos requeridos y tomado nota cuidadosa de sus características y de las condiciones que puedan afectar su ejecución.
4. Que conocemos los planos, especificaciones y demás documentos de la Licitación y aceptamos los requisitos en ellos contenidos.
5. Que aceptamos las cantidades de obra que se indican en el formulario "Lista de Cantidades de Obra, Precios Unitarios y Valor Total de la Propuesta" entendiendo que son aproximadas y por lo tanto variables, y que podrán aumentar o disminuir en el desarrollo del contrato y ofrecemos ejecutar todo el trabajo necesario y suministrar todos los elementos requeridos para la obra propuesta a los precios unitarios que figuran en el citado formulario.
6. Que hemos recibido los siguientes adendos a los documentos de licitación (Indicar en número y la fecha de cada uno) y aceptamos su contenido.

7. Que nos comprometemos a ejecutar totalmente la obra dentro del plazo fijado en el Pliego de Condiciones, siendo esto (____) meses, contados a partir de la fecha del Acta de Iniciación de la Obra.

8. Que no nos hallamos incurso en causal alguna de inhabilidad e incompatibilidad de las señaladas en la ley, y tampoco nos encontramos en ninguno de los eventos de prohibiciones especiales para contratar.

9. Que si se nos adjudica el contrato, nos comprometemos a otorgar las fianzas requeridas, y a suscribir éstas y aquel dentro de los términos señalados para ello.

10. Que no hemos sido sancionados mediante acto administrativo ejecutoriado por ninguna entidad oficial dentro de los últimos tres (3) años anteriores al cierre de esta Licitación.

11. Que al frente de la obra, en calidad de Director está: el Ingeniero _____ con matrícula profesional No _____ del Consejo Profesional de Ingeniería y Arquitectura de

12. Que el Valor Total de la Propuesta, incluidos todos los otros impuestos, tasas y gravámenes que sean aplicables, es de (\$ _____) (ESTOS VALORES SE DEBEN INDICAR EN NUMEROS Y LETRAS)

Con el siguiente detalle adicional:

Administración (____ %)

Imprevistos (____ %)

Utilidad (____ %)

13. Que la presente propuesta consta de _____ (____) folios debidamente numerados.

Atentamente,

Razón Social _____
Nit _____
Nombre _____
C.C. No. _____ de _____
Matrícula No. _____
Dirección _____
Ciudad _____

FIRMA Y SELLO

ANEXO No. 2

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE

"DAGMA"

ACTA DE RECIBO ZONA DEL PROYECTO

Contrato No.

"este documento se puede suprimir, incluyendo en la Orden de Iniciación las partes realmente necesarias"

Contratista:

Interventoría:

En _____ a los _____ días del mes de _____ en Representación del contratista en Representación de la interventoría _____, procede a formalizar la entrega al **Contratista** de la zona, en la cual se ejecutarán las obras objeto del contrato citado, para lo cual se ha efectuado un reconocimiento físico y por tanto a partir de la fecha, el **Contratista** recibe bajo su responsabilidad la zona de trabajo.

El contratista manifiesta que ha nombrado como Director de las Obras a

Asimismo se ha verificado:

1. Que el Contrato se encuentra perfeccionado y que se ha cumplido con los requisitos para su ejecución.
2. Se hace constar que el contratista dispone en el sitio de las obras del personal, instalaciones y equipo en funcionamiento, que se enumeran continuación:

Observaciones:

Verificado todo lo anterior, se determina como fecha de iniciación de las obras, la correspondiente a la presente Acta.

Para constancia, se firma por quienes en esta intervinieron;

EL CONTRATISTA

EL INTERVENTOR

**ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL E
INSTITUCIONAL PARA LA OPERACIÓN
DE LA RED HIDRICA
DEL MUNICIPIO DE CALI**

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL E INSTITUCIONAL PARA LA OPERACIÓN DE LA RED HIDRICA DEL MUNICIPIO DE CALI

TABLA DE CONTENIDO

1.	PRESENTACION	2
2.	ESTRUCTURA ORGANICA DEL DAGMA	3
3.	FUNCIONES DE LAS SUBSECRETARIAS DEL DAGMA.....	4
3.1.	SECRETARIA GENERAL	4
3.1.1.	División de sistemas y comunicación.....	4
3.2.	SUBDIRECCIÓN DE CONTROL AMBIENTAL.....	5
3.2.1.	División de control de procesos productivos	6
3.3.	SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN AMBIENTAL	6
3.4.	SUBDIRECCIÓN DE PROTECCIÓN AMBIENTAL.....	8
3.4.1.	División de Recursos Naturales	8
4.	PROPUESTA PARA EL MANEJO INSTITUCIONAL DE LA RED HÍDRICA DE LA CIUDAD	11
4.1.	ELABORACIÓN DE PLIEGOS PARA LA CONTRATACIÓN DE LA RED	13
4.1.1.	Proceso de licitación.	13
4.2.	OPERACIÓN DE LA RED	14
4.3.	PROCESAMIENTO DE DATOS	15
4.4.	ANÁLISIS DE DATOS Y GENERACIÓN DE RESULTADOS.....	16
4.5.	DIVULGACIÓN DE RESULTADOS	17
4.6.	VINCULACION DE LA COMUNIDAD	18
4.7.	MECANISMOS DE COORDINACIÓN CON ENTIDADES PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN DE LA RED DE MONITOREO	19
5.	CONCLUSIONES	20

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL E INSTITUCIONAL PARA LA OPERACIÓN DE LA RED HIDRICA DEL MUNICIPIO DE CALI

1. PRESENTACION

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente - DAGMA-, por ser la máxima autoridad ambiental en el municipio de Cali es la responsable de las acciones y de la aplicación de la normatividad ambiental vigente en el perímetro urbano.

Su equipo de personal integra la organización interna necesaria para dar cumplimiento a los compromisos ambientales que se han determinado para esta institución, según el Acuerdo 001 de 1996 de reforma administrativa, con el cual es creado.

En este documento se hace una presentación general de la estructura orgánica del DAGMA, que debe ser analizada como parte de los componentes del proyecto DISEÑO DEL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO EN EL MUNICIPIO DE CALI.

En el punto uno se presenta la estructura administrativa con sus funciones, para conocer cuales deben ser las directamente relacionadas con el manejo y operación de la red hídrica que se pretende instalar; en el segundo y tercer punto se hace una descripción de las posibles funciones que deben desempeñar puntualmente con relación a esta red.

251

En el cuarto punto se presentan unas recomendaciones que permitirán el buen funcionamiento de cada una de las redes de entradas, salidas y de emergencias a instalar, y se termina con unas conclusiones.

Es importante anotar que el análisis de la estructura administrativa se realizó con base en la reforma de 1996 y por lo tanto no se tienen en cuenta las propuestas de la actual administración municipal que, según las apreciaciones de funcionarios de diferentes instituciones, cambiará significativamente en este año, sin embargo puede ser modificado de acuerdo a la nueva estructura que actualmente se encuentra en curso.

2. ESTRUCTURA ORGANICA DEL DAGMA

Actualmente la estructura orgánica del DAGMA es la siguiente, según el Acuerdo 001 de 1996 de reforma administrativa:

Director

- Secretaría general.
 - División administrativa.
 - División de comunicaciones y sistemas.
 - Unidad jurídica
 - Unidad de planeación y proyectos de inversión.
- Subdirección de control ambiental.
 - División de control urbano.
 - División de control de procesos productivos.
- Subdirección de educación ambiental.
 - División de educación y participación ciudadana.
- Subdirección de protección ambiental.
 - División de prevención y saneamiento.
 - División de recursos naturales.

Fuente: DAP Municipio de Cali. Reforma Administrativa. Acuerdo 01 de 1996.

252

Como se observa, las tres dependencias del DAGMA llamadas subdirecciones, se relacionan con el control, la educación y protección del ambiente urbano de Cali, donde cada una presenta funciones específicas que se desarrollará a continuación.

Subdirecciones **3. FUNCIONES DE LAS SUBSECRETARIAS DEL DAGMA**

La definición de la estructura administrativa más apropiada para la operación de la red exige una análisis exhaustivo de las funciones de cada una de las subdirecciones existentes dentro del DAGMA, que basados en el acuerdo 001 de 1996 son las siguientes:

3.1. SECRETARIA GENERAL

Dentro de esta secretaría se encuentra la división de sistemas y comunicación, que presenta relación directa con el manejo de información y de sistemas en general, factor que se considera de gran importancia en la definición de las funciones relacionadas directamente con la red de monitoreo del recurso hídrico.

3.1.1. División de sistemas y comunicación

Analizando las funciones de esta secretaria, se encuentra que la división de sistemas y comunicación debe asesorar en la adquisición de los equipos para permitirle al DAGMA cumplir con todas las funciones determinadas con relación al ambiente, en este caso será la responsable directa del procesamiento de los datos que se generen de la red. De la misma forma se debe dar asesoría y apoyo en los medios en que se

manejan las bases de datos , así como su compatibilidad con las redes existentes hasta la fecha.

Actualmente esta división es la encargada de manejar el componente de sistemas de la red de aire, cuyos equipos se encuentran ubicados en el piso 10 del edificio del municipio en el barrio Versailles, lo que le da como atributo una experiencia en el manejo de los sistemas de comunicación de las redes de monitoreo conectadas de forma permanente, como es la propuesta para la red del recurso hídrico que se pretende instalar.

3.2. SUBDIRECCIÓN DE CONTROL AMBIENTAL

Esta subdirección tiene como función directa la preparación de las licencias ambientales, permisos de vertimientos, la evaluación ambiental de la gestión de las empresas, así como la concertación con el sector público.

Se encuentra puntualmente en el Artículo 207 (numeral 3) del acuerdo de reforma administrativa que la función relacionada con las redes de monitoreo del recurso hídrico es la siguiente:

“Operar, en coordinación con las dependencias respectivas, la red de monitoreo de calidad del aire y agua y proponer la declaratoria de los niveles de prevención, alerta y emergencia”.

3.2.1. División de control de procesos productivos

según el documento de reforma administrativa, la responsabilidad directa de la operación de la red de agua es de esta división, lo cual se aclara en el artículo 209 donde se menciona (numeral 5):

"Operar, en coordinación con las dependencias respectivas, la red de monitoreo de calidad del aire y agua".

Esto permite concluir que la división de control de procesos productivos de la subdirección de control ambiental debe ser la directa responsable y coordinadora de la red de agua, desempeñando esta función de la misma manera como actualmente lo hace con la red de aire, la cual tiene un funcionario dedicado exclusivamente a esta función.

3.3. SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

Según el artículo 210 del acuerdo en mención, se tienen como responsabilidades de esta subdirección.

- ◆ Coordinar y realizar programas de educación y orientación dirigidos a diferentes personas y grupos.
- ◆ Evaluar el Plan de Ordenamiento Territorial.
- ◆ Promover los proyectos ambientales.
- ◆ Promover la participación ciudadana.

Observando estas funciones, y reconociendo la importancia de la formación ambiental de la población, se considera prioritaria la

vinculación de esta subdirección al grupo operativo que permitirá un aprovechamiento de la red de monitoreo integrada, que es objeto de este proyecto (red 2 o de entradas a la ciudad, red 1 o de salidas y la red de alertas).

La vinculación de la comunidad se considera esencial en el desarrollo y éxito de la red de monitoreo de agua por varias razones a saber:

- ◆ Cuando la comunidad es comprometida directamente con los proyectos se incrementa la posibilidad de proteger por voluntad propia las instalaciones.
- ◆ Reducción del vandalismo por la misma protección que da la comunidad a las estaciones y los equipos instalados en las zonas determinadas como parte del proyecto.
- ◆ Reducción de los posibles riesgos de intrusión a las estaciones por curiosidad de la misma comunidad.
- ◆ Mejoramiento de la imagen institucional del DAGMA y del municipio de Cali.
- ◆ Cumplimiento de las responsabilidades del DAGMA relacionadas con la participación comunitaria en los proyectos.

Existen otras razones que fortalecen la necesidad de vincular la comunidad en el proyecto con la participación directa de esta subdirección, que cumple la función específica de servir de puente y de facilitador entre la comunidad y el DAGMA en el desarrollo de este proyecto.

3.4. SUBDIRECCIÓN DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

Las funciones están relacionadas directamente con los proyectos de gestión ambiental para:

- ◆ Saneamiento.
- ◆ Prevención de desastres.
- ◆ Preservación de recursos naturales renovables.
- ◆ Coordinación interinstitucional, incluyendo ONG's.

Su participación dentro del grupo interno del DAGMA para la administración y coordinación de la red de agua se considera importante por los aportes que puede generar en el cumplimiento de sus funciones que directamente están relacionadas con la calidad del recurso hídrico ^e el municipio.

3.4.1. División de Recursos Naturales

En el Artículo 213 se presenta como función de esta división (numeral 1), actividades relacionadas directamente con el recurso hídrico y su vigilancia:

"organizar, promover o ejecutar con las diferentes entidades proyectos de protección, recuperación y regulación del sistema hídrico del municipio compuesto por ríos y cañadas".

Dentro de esta ^{Subdirección} subsecretaría se establecerá una conexión directa con la red de monitoreo de la calidad del agua y la red de alertas a través de

esta división, que claramente presenta las responsabilidades con el sistema hídrico de la ciudad.

En la tabla 3.1. se presentan las diferentes relaciones de las dependencias con la red de monitoreo y de alertas a instalar para el recurso hídrico. Cada una de las divisiones desempeña funciones que en un nivel alto, mediano o bajo están relacionadas con el recurso hídrico que se constituye en el eje central de este proyecto.

Como se observa, la unidad de planeación y proyectos de inversión es la dependencia que presenta más objetivos relacionados con la red de agua, pero anotando que en un nivel medio, ya que las relaciones son para la gestión ambiental y la generación de información sobre el recurso hídrico que sirva de soporte para las decisiones ambientales que se tomen.

De otro lado, se encuentra que la subdirección de control ambiental presenta como funciones directamente relacionadas la medición de los aforos y la operación directa de la red, las cuales presentan una relación calificada como **alta** con el desarrollo del proyecto en mención.

El diagnóstico, la consulta y la divulgación, son las funciones específicas relacionadas en un nivel medio con la red del recurso hídrico, la cual como se menciono anteriormente, es esencial para asegurar el éxito del proyecto con la participación de la comunidad en las zonas donde se instalaran las estaciones, y con las directamente interesadas en la información generada sobre la calidad del agua consumida y resultante de los procesos de producción y de consumo en la ciudad.

Tabla 3.1. Funciones de las Dependencias del DAGMA relacionadas con el sistema del recurso Hídrico.

DEPENDENCIA	FUNCIONES	RELACION CON EL SISTEMA DEL RECURSO HÍDRICO		
		ALTA	MEDIA	BAJA
SECRETARIA GENERAL				
UNIDAD DE PLANEACION Y PROYECTOS DE INVERSIÓN	• Orientar y operar el Sistema de Información Ambiental del Municipio. • Determinar y priorizar líneas de gestión e investigación relacionadas con tecnologías limpias, prevención de desastres, saneamiento, etc. • Estudiar y formular instrumentos de Gestión Ambiental, tales como tasas retributivas, niveles permisibles, indicadores de calidad ambiental, políticas de estímulo, zonificaciones ambientales, etc. • Elaborar y actualizar las bases de datos ambientales.	X	X	
SUBDIRECCIÓN DE CONTROL AMBIENTAL				
DIVISIÓN DE CONTROL URBANO	• Proponer los aforos para las concesiones de aguas superficiales y subterráneas y efectuar el control de las mismas.		X	
DIVISIÓN DE CONTROL DE PROCESOS PRODUCTIVOS	• Operar en coordinación con las dependencias respectivas, la red de monitoreo de calidad de aire y agua.	X		
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN AMBIENTAL				
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA	• Hacer diagnósticos comunitarios sobre la calidad ambiental. • Establecer mecanismos de consulta a la comunidad. • Hacer campañas comunitarias de divulgación y sensibilización hacia problemas ambientales.		X	

SUBDIRECCIÓN DE PROTECCIÓN AMBIENTAL				
DIVISIÓN DE RECURSOS NATURALES	Organizar, promover o ejecutar con las diferentes entidades proyectos de protección, recuperación y regulación del Sistema Hídrico del municipio, compuesto por ríos y cañadas.	X		

Finalmente, la división de recursos naturales de la subdirección de protección ambiental, como encargada de la promoción de los proyectos ambientales podrá dar como aporte la realización de campañas e informativos para dar a conocer el funcionamiento de la red y los beneficios que trae para la ciudad.

4. PROPUESTA PARA EL MANEJO INSTITUCIONAL DE LA RED HÍDRICA DE LA CIUDAD

Analizando la estructura Institucional del DAGMA y las funciones y responsabilidades contempladas en la reforma administrativa vigente, se presenta la siguiente propuesta de manejo operativo de la red hídrica, la cual comprende los siguientes elementos:

- Elaboración de pliegos para la contratación de la red (equipos, instalación de estaciones y sistemas de comunicación).
- Operación de la red.
- Procesamiento de datos.
- Análisis de datos.
- Divulgación de resultados.
- Vinculación de la comunidad.
- Mecanismos de coordinación con las instituciones.

El resumen de las funciones de las dependencias se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Responsabilidades de las divisiones para el manejo de la red de monitoreo del recurso hídrico.

ACTIVIDAD	DIVISIÓN RESPONSABLE	DESCRIPCIÓN
ELABORACIÓN DE PLIEGOS PARA LA CONTRATACIÓN DE LA RED	Control de procesos productivos	Entrega de pliegos, evaluación de las propuestas presentadas.
LICITACIÓN	Unidad de planeación y proyectos de inversión.	Convocatoria, venta de pliegos, recepción de propuestas, evaluación inicial de documentos.
OPERACIÓN DE LA RED	Control de procesos productivos	Visitas, calibración de equipos, muestras, revisión de datos, evaluación y reposición de equipos.
PROCESAMIENTO DE DATOS	Sistemas y documentación	Recepción de datos, revisión, reportes, asistencia de equipos.
ANÁLISIS DE DATOS Y GENERACIÓN DE RESULTADOS	Control de procesos productivos	Construcción de modelos, validación de datos, evaluación.
DIVULGACIÓN DE RESULTADOS	Control de procesos productivos – Unidad de planeación – educación y participación ciudadana	Socialización de resultados.
VINCULACIÓN DE LA COMUNIDAD	Educación y participación ciudadana.	Información, diagnósticos comunitarios, grupos de alertas, organización de la comunidad.
MECANISMOS DE COORDINACIÓN CON ENTIDADES PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN DE LA RED DE MONITOREO	Dirección del DAGMA	Relaciones interinstitucionales.

4.1. ELABORACIÓN DE PLIEGOS PARA LA CONTRATACIÓN DE LA RED

Responsable: División de control de procesos productivos.

los pliegos de condiciones que sustentan la realización del proyecto de instalación y puesta en marcha de la red hídrica del municipio de Cali, compuesta por las redes de salida, la de entrada y de emergencias, ubicadas en las partes baja, media y alta de la ciudad, se constituyen en la base para la buena ejecución y desarrollo de las condiciones básicas para la elaboración de todos los componentes necesarios.

Analizando las funciones de las subdirecciones se encuentra que el directo responsable de la entrega de los pliegos y posterior evaluación de las propuestas presentadas es la **subdirección de control ambiental**, puntualmente en la **división de control de procesos productivos**.

La experiencia de los funcionarios que pertenecen a esta subdirección en el proceso de evaluación de las propuestas presentadas para la red de alre se consideran importantes para elaborar y seguir nuevamente el proceso con la red de agua que se espera instalar en el corto plazo.

4.1.1. Proceso de licitación.

Es importante en este proceso la **unidad de planeación y proyectos de inversión**, la cual debe liderar el proceso de:

- Convocatoria,

- Venta de pliegos,
- Recepción de propuestas,
- Evaluación inicial de los documentos que componen la propuesta.

Una vez terminados estos pasos los documentos deben pasar a la división de control de procesos productivos, como se menciono anteriormente.

4.2. OPERACIÓN DE LA RED

Responsable: División de control de procesos productivos.

La operación completa de la red, incluyendo los equipos, estaciones, sistemas de transmisión de datos y recepción de información, debe estar coordinada por la división de control de procesos productivos, con la delegación de personal especializado en áreas relacionadas con el recurso hídrico y los sistemas de análisis de aguas como pueden ser:

- Ingenieros sanitarios, con especialización en hidrología.
- Ecólogos, con especialización en manejo de aguas.
- Químicos.

La operación de la red comprende las siguientes actividades:

- Visitas periódicas a las zonas de ubicación de las estaciones.
- Calibración de los equipos.
- Coordinación en la toma de muestras.
- Revisión de los datos suministrados por los equipos.

- 263
- Evaluación del rendimiento de los equipos y reposición de los mismos.

Es importante tener en cuenta que en el caso en que la red sea operada a través de una empresa privada, esta subdirección desempeñara funciones de coordinación e interventoría en los plazos determinados según el contrato.

4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS

Responsable: División de sistemas y documentación.

La información que genere la red hídrica sobre la calidad de los ríos de la ciudad debe ser procesada y manejada por la división de sistemas, que posee la experiencia requerida al ser la dependencia responsable del manejo de los datos y reportes de la red de aire. Ambas redes deben guardar compatibilidades según las condiciones establecidas para el desarrollo de este proceso.

Las actividades que permiten cumplir con el procesamiento de los datos son las siguientes básicamente:

- Recepción de los datos en la central de información.
- Revisión de las bases de datos generadas periódicamente.
- Limpieza y revisión de los centros de almacenamiento de la información.
- Generación de reportes periódicos para su posterior análisis por parte de la división de control de procesos productivos.

- 264
- Asistencia periódica para asegurar el buen funcionamiento de la red, así como la aplicación de pruebas permanentes para asegurar la buena recepción de datos.

Los tipos de reportes generados por esta división dependerán de los datos que la subdirección de control considere convenientes de acuerdo al análisis del comportamiento de la contaminación y las concentraciones de sustancias presentes en el agua de los ríos de la ciudad donde se han instalado estaciones (partes alta, media y baja de los ríos), así como los resultados de los estudios que la unidad de planeación y procesos de inversión realicen apoyados en la normatividad vigente sobre la calidad del agua.

4.4. ANÁLISIS DE DATOS Y GENERACIÓN DE RESULTADOS

Responsable: División de control de procesos productivos.

Una vez se han recibido las bases de datos de la división de sistemas, la división de control de procesos productivos analiza la información para construir histogramas, gráficos, modelos de simulación, y en general todos los soportes necesarios para conocer el comportamiento de las sustancias presentes en los ríos.

Es importante tener en cuenta en esta actividad que los análisis de laboratorio realizados con los equipos portátiles son de gran importancia para la corrección de resultados o la suavización de las curvas de simulación en caso en que los equipos no se encuentren funcionando bien por los impactos que puede producir el entorno.

Luego de ser ordenada la información se procede a elaborar los respectivos Informes que muestran la condición presentada por los ríos en el período analizado, así como los conceptos sobre las necesidades de nuevos monitoreos o de nuevos sensores para ser instalados.

4.5. DIVULGACIÓN DE RESULTADOS

Responsable: División de control de procesos productivos.

Los Informes elaborados con el análisis de la información suministrada por la división de sistemas correspondientes a los resultados de las estaciones de monitoreo, se distribuyen en las instituciones vinculadas a la red de monitoreo

Los resultados servirán de apoyo a las acciones de la unidad de planeación y proyectos de inversión sobre las bases de datos ambientales actualizadas que se encuentran disponibles para ser consultadas por las instituciones, contratistas y la comunidad en general.

La difusión hacia la comunidad de los resultados se realizará por parte de la división de educación y participación ciudadana de la subdirección de educación ambiental, y la difusión hacia las instituciones se realizara a través de la división de recursos naturales de la subdirección de protección ambiental, que tiene como función la organización y promoción de los proyectos ambientales relacionados con el recurso hídrico.

4.6. VINCULACION DE LA COMUNIDAD

Responsable: División de educación y participación ciudadana.

A través de las campañas de concientización y de Información de la comunidad realizadas por esta división que pertenece a la subdirección de educación ambiental, es posible que la comunidad se relacione con el proyecto de monitorear la calidad de las aguas de los ríos.

Las funciones a desempeñar consisten principalmente en:

- La información sobre las funciones de las estaciones de monitoreo, su funcionamiento y los beneficios para la calidad del agua y la población caleña.
- La realización de diagnósticos y evaluaciones de la calidad del agua de los ríos en la zona de Influencia de la comunidad,
- La conformación de grupos de Información sobre cualquier acción que afecte la calidad del agua con efectos en la población ubicada aguas abajo,
- La organización de grupos que alerten sobre aumentos en el caudal o por la presencia de lluvias que puedan representar un riesgo.

Como se menciono anteriormente, es importante la participación de la comunidad que habita en las zonas donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo, para reducir los riesgos relacionados con el vandalismo y el rechazo a los proyectos de este tipo.

Se anota que las ventajas y beneficios percibidos a la comunidad dependerán de la continuidad de las capacitaciones y de las informaciones generadas sobre la red de monitoreo, lo cual exige una destinación de funcionarios y presupuesto para cumplir con este fin. En el caso en que los recursos sean insuficientes se sugiere recurrir a otras instituciones para establecer convenios para la capacitación.

4.7. MECANISMOS DE COORDINACIÓN CON ENTIDADES PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN DE LA RED DE MONITOREO

Responsable: Dirección del DAGMA.

El establecimiento de las vías más eficientes para la vinculación de las instituciones existentes en el municipio de Cali, será el resultado de un trabajo intensivo de todas las subdirecciones que se encuentran comprometidas con la red hídrica de la ciudad. La propuesta se presenta en la segunda parte del presente documento, que resume las instituciones que potencialmente estarán interesadas y relacionadas con el funcionamiento de la red.

De otro lado, el establecimiento de convenios con instituciones ambientales como la CVC a nivel departamental, y el IDEAM a nivel nacional, serán importantes para trascender los límites municipales con este proyecto tan importante para el desarrollo de acciones encaminadas a proteger el recurso hídrico.

5. CONCLUSIONES

- ✓ Como se observa a lo largo del documento y en las tablas 3.1. y 4.1. todas las dependencias están relacionadas directamente con el funcionamiento de la red de monitoreo de los ríos de la ciudad, con una responsabilidad directa de la **división de control de procesos productivos**, la cual desempeñara funciones especiales de coordinación y de manejo de los datos generados por los equipos que son un indicador de la calidad del agua.
- ✓ Aunque no se realiza en este documento una presentación de los costos de la operación de la red, debe tomarse como referencia el resultado que se arroja en el documento sobre las redes 1, 2 y de alertas, para conocer la opción de administración más conveniente, entre la responsabilidad directa de un funcionario del DAGMA en esta actividad, o de la contratación de la empresa privada.
- ✓ Se encuentra adicionalmente que la participación de la comunidad en la operación y funcionamiento de la red es indispensable para asegurar su buen funcionamiento en el tiempo, reduciendo los riesgos que pueden causar en los equipos y las estaciones la manipulación indebida o el vandalismo en las zonas donde se encuentran ubicadas.
- ✓ Es muy importante el apoyo de las instituciones ambientales con injerencia en el municipio de Cali para dar apoyo al proyecto de

las redes de monitoreo de la calidad del agua, para asegurar su colaboración cuando sea necesario.

- ✓ La estructura organizativa para la operación de esta red tiene vigencia mientras la actual reforma administrativa no sea sustituida por la nueva que actualmente se encuentra en elaboración por la administración municipal, sin embargo se sugiere que en el momento de entrar en vigencia una nueva estructura se determinen cuales son los funcionarios dedicados al manejo de la red de aire para asignar un homólogo en la red de agua.