

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A	
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(173)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ANA VANESSA SALAZAR MENDOZA
FACULTAD	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA AMBIENTAL
DIRECTOR	JUAN CARLOS RODRIGUEZ OSORIO
TÍTULO DE LA TESIS	FORMULACION DEL PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL RECURSO HIDRICO DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE LA JAGUA DE IBIRICO CESAR.

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL, REALICÉ LAS PASANTÍAS EN LA EMPRESA, CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CESAR “CORPOCESAR” ENFOCANDO MI PROYECTO DE GRADO EN LA FORMULACIÓN DEL PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL RECURSO HÍDRICO DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE LA JAGUA DE IBIRICO – CESAR.

PARA LO CUAL DESARROLLE UNA SERIE DE OBJETIVOS COMO LA DETERMINACIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 173	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 41	CD-ROM: 1
--------------	-----------	-------------------	-----------



**FORMULACION DEL PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO
DEL RECURSO HIDRICO DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE LA JAGUA DE
IBIRICO CESAR**

Autor

ANA VANESSA SALAZAR MENDOZA

Trabajo de Grado Modalidad Pasantía con el fin de optar el título de Ingeniero Ambiental

Director

JUAN CARLOS RODRIGUEZ OSORIO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERIA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

febrero, 2017

Advertencia

La universidad Francisco de Paula Santander no es responsable de los conceptos emitidos en este trabajo de grado.

Acuerdo 025 de octubre de 1970, Artículo 159.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios, por haberme ayudado a llegar hasta este punto y haberme dado salud para seguir adelante día a día, a mis padres por su apoyo incondicional.

A los docentes de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, que hicieron parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado mi aprendizaje como profesional.

Índice

Capítulo 1. Formulación del Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Recurso Hídrico del Acueducto Municipal de la Jagua de Ibirico Cesar	1
1.1. Descripción de la Corporación Autónoma Regional del Cesar “CORPOCESAR LA JAGUA DE IBIRICO”	1
1.1.1. Misión:	2
1.1.2. Visión:.....	2
1.1.3. Objetivo del empresa:	2
1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.	3
1.1.5 Descripción de la dependencia Asignada.	4
1.2 Diagnóstico Situacional de la Empresa.....	5
1.2.1 Planteamiento del problema	7
1.3 Objetivos de las Pasantías	8
1.3.1 Objetivo general.....	8
1.3.2 Objetivos específicos.....	8
1.4 Descripción de las Actividades a Desarrollar	9
 Capítulo 2. Enfoques Referenciales	 11
2.1 Enfoque Conceptual	11
2.1.1 Agua.....	11
2.1.2 Programa de uso eficiente y ahorro del recurso hídrico.	11
2.1.3 Recursos naturales.	12
2.1.4 Educación ambiental.....	13
2.1.5 Mantenimiento preventivos y correctivos.	14
2.1.6 Empleo de Agua lluvia como fuente alternativa de agua.	14
2.1.7 Medidor de agua.	14
2.2 Enfoque Legal	15
 Capítulo 3. Informe de Cumplimiento de Trabajo	 18
3.1 Presentación de Resultados.	18
3.1.1 Localización Geográfica.	18
3.1.1.1 Límites.	19
3.1.1.2 Vías de Comunicación.	20
3.2 Climatología.....	21

3.2.1 Localización de estaciones Hidrometeorológicas.....	21
3.2.2 Precipitaciones medias.	22
3.2.3 Precipitaciones máximas.	23
3.2.4 Número de días con lluvia.....	25
3.2.5 Temperatura.....	25
3.2.6 Evaporación.....	26
3.2.7 Humedad Relativa.	27
3.2.8 Brillo solar.	28
3.3 Vegetación.....	29
3.4 Topografía.....	30
3.5 Aspectos Socioeconómicos.....	31
3.5.1 Población Actual.....	31
3.5.2 Disposición Urbanística.....	32
3.5.2.1 Vivienda.....	32
3.5.2.2 Estratificación Socioeconómica	33
3.6 Usos del Suelo.....	33
3.7 Estudios de Población y Demanda.....	35
3.7.1 Horizonte del Programa.....	35
3.7.1.1 Nivel de complejidad.....	35
3.8 Análisis y Distribución Población Actual.....	36
3.8.1 Según PBOT.....	36
3.8.2 Proyecciones de Población.....	36
3.8.3 Selección del método de proyección de población.....	38
3.8.3.1 Método aritmético.....	38
3.8.3.2 Método geométrico.....	40
3.8.3.3 Método exponencial	42
3.8.3.4 Método adoptado	44
3.8.4 Altitud.....	47
3.8.5 Dotación neta máxima.....	47
3.8.6 Dotación Bruta.....	47
3.8.7 Caudal medio diario- Uso Doméstico	47
3.8.8 Caudal Medio Diario- Uso Comercial e Institucional.....	48
3.8.9 Coeficiente de consumo máximo diario (k1)	48
3.8.10 Coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario (k2).....	49

3.8.11 Caudal máximo diario	50
3.8.12 Proyección de la demanda de agua.....	51
3.9 Caudales de Diseño- Sistema de Acueducto.....	53
3.9.1 Caudal Medio Diario Qmd	53
3.9.1.1 Caudal Medio Diario - Uso doméstico	53
3.9.1.2 Caudal Medio Diario- Uso comercial e institucional	53
3.9.1.3 Caudal Medio Diario Total.....	55
3.9.1.4 Coeficiente de consumo máximo diario k1	56
3.9.1.5 Coeficiente de consumo máximo horario k2.....	56
3.9.1.6 Caudal Máximo Diario QMD.....	56
3.9.1.7 Caudal Máximo Horario QMH.....	56
3.9.1.8 Demanda de Agua Total	57
3.10 Caudales de Diseño Estructuras del Sistema de Acueducto	59
3.11 Estudio Hidrológico	60
3.11.1 Subcuenca del Río Tucuy.....	60
3.11.2 Climatología	62
3.11.3 Localización de estaciones Hidrometeorológicas.....	62
3.11.4 Precipitaciones medias	64
3.11.5 Número de días con lluvia.....	66
3.12 Análisis Hidrométrico de la Microcuenca Abastecedora.....	67
3.12.1 Balance hídrico	67
3.12.2 Metodología para la estimación de caudales medios.....	68
3.12.3 Metodología para la estimación de caudales mínimos	69
3.12.4 Metodología para la estimación de caudales máximos	70
3.13 Sistemas de Captación y Pretratamiento	71
3.13.1 Descripción de los Componentes del Sistema de Captación	72
3.13.1.1 Fuente de abastecimiento.....	72
3.13.1.2 Calidad.....	72
3.13.1.3 Disponibilidad de agua	74
3.13.1.4 Captación.....	74
3.13.1.5 Estado de la estructura.....	75
3.13.1.6 Criterios de análisis hidráulico	77
3.13.1.7 Aducciones de la bocatoma a los desarenadores	77
3.13.1.8 Desarenadores.....	77

3.13.1.9 Criterios para el Cálculo de la Capacidad	79
3.13.1.10 Capacidad y estado de los desarenadores	81
3.13.1.11 Aducciones de los desarenadores a las PTAP	82
3.13.1.12 Cuenca del Río Sororia.....	83
3.13.1.12.1 Bocatoma y Conducción.....	84
Capítulo 4. Diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.....	88
4.1 Antecedentes	88
4.2 Situación Actual del Sistema Caudal	89
4.2.1 Aforos Ejecutados.....	89
4.2.2 cálculo de perdida a partir del aforo	89
4.2.3 Cobertura	89
4.2.4 Calidad.....	89
4.2.4.1 Muestreos.....	89
4.2.4.2 Irca	91
4.2.4.3 sistemas de tratamiento de agua potable.....	92
4.2.4.4 Instalaciones	92
4.2.4.5 Aspectos Generales del Estado Actual	92
4.3 Primera planta –Descripción de tratamiento	93
4.4 Segunda Planta- Descripción tren de tratamiento	95
4.5 Tercera Planta – Descripción de Tratamiento	97
4.6 Diagnóstico Estructural de la PTAP	127
4.8 Estrategias para Ahorro y uso Eficiente del Agua	133
4.9 Estimación del Caudal por el Método de Flotadores	134
Capítulo 5. Conclusiones	136
Recomendaciones	137
Referencias.....	138
Apéndice	140

Tabla 22. Caudales para el diseño de las estructuras del sistema de acueducto.....	52
Tabla 23. Caudales de diseño RAS 2000- Diseño Estructuras- Sistema de Acueducto.....	54
Tabla 24. Caudales de diseño- Sistema de Acueducto- Municipio de La Jagua de Ibirico.....	55
Tabla 25. Resumen de estaciones hidroclimatológicas.....	55
Tabla 26. Análisis De Frecuencia De Lluvia Máxima En 24 Horas.....	57
Tabla 27. Análisis fisicoquímico del agua- Rio Sororía- Aguas arriba del punto de captación....	60
Tabla 28. Análisis microbiológico- Rio Sororia- Aguas arriba del punto de captación.....	64
Tabla 29. Análisis fisicoquímico- Aguas Tanque de Almacenamiento.....	64
Tabla 30. Análisis Microbiológico- Agua Tanque de Almacenamiento.....	72
Tabla 31. Dimensiones del Floculador.....	73
Tabla 32. Dimensiones- Sección del codo.....	77
Tabla 33. Dimensiones- Pases.....	78
Tabla 34. Dimensiones del sedimentador.....	79
Tabla 35. Componentes Filtración.....	79
Tabla 36. Dimensiones de cada filtro.....	80
Tabla 37. Dimensiones Floculador.....	80
Tabla 38. Dimensiones- Sección Codo.....	81
Tabla 39. Dimensiones- Pases.....	82
Tabla 40. Dimensiones Sedimentador.....	82
Tabla 41. Componentes Filtración.....	83
Tabla 42. Dimensiones de cada filtro.....	84
Tabla 43. Componentes Floculación- Sección 1.....	84
Tabla 44. Componentes Floculación- Sección 2.....	86

Tabla 45. Componentes Floculación- Sección 3.....	87
Tabla 46. Componentes Floculación- Sección 3.....	88
Tabla 47. Dimensiones Sedimentador.....	88
Tabla 48. Componentes de la filtración.....	89
Tabla 49. Resumen capacidad de las plantas de tratamiento.....	90
Tabla 50. Programas del uso y ahorro eficiente del agua.....	95
Tabla 51. Caudales PTAP.....	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización Municipio de La Jagua de Ibirico.....	30
Figura 2. Malla Vial, Casco Urbano.....	31
Figura 3. Localización General de la estaciones hidroclimatológicas.....	32
Figura 4. Valores totales mensuales de precipitación Estación La Jagua.....	33
Figura 5. Precipitaciones máximas en 24 horas- Estación La Jagua.....	34
Figura 6. Número de días con lluvia- Estación La Jagua.....	35
Figura 7. Valores medios mensuales de temperatura en la Estación Socomba.....	35
Figura 8. Valores medios mensuales de evaporación. Estación Socomba.....	36
Figura 9. Valores medios mensuales de humedad relativa. Estación Socomba.....	37
Figura 10. Valores medios mensuales de brillo solar. Estación Socomba.....	38
Figura 11. Amenazas naturales en el municipio de la Jagua de Ibirico.....	40
Figura 12. Proyección de población aritmética.....	45
Figura 13. Proyección de población geométrica.....	46
Figura 14. Proyección de población exponencial.....	47
Figura 15. Proyección de la demanda de agua. Casco Urbano.....	51
Figura 16. Caudales de diseño.....	54
Figura 17. Cuencas hidrográficas Municipio La Jagua.....	56
Figura 18. Localización General de la estaciones hidroclimatológicas.....	58
Figura 19. Valores totales mensuales de precipitación Estación La Jagua.....	59
Figura 20. Valores totales mensuales de precipitación Estación Socomba.....	59
Figura 21. Precipitaciones máximas en 24 horas- Estación La Jagua.....	60

Figura 22. Número de días con lluvia- Estación La Jagua.....61

Figura 23. Procesos dinamicos cuenca rio Sororia.....70

Figura 24. Formato de Caudales.....134

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Bocatoma sobre el Rio Sororia, Canal de Excesos.....	66
Fotografía 2. Rejillas laterales y de fondo de la Bocatoma.....	66
Fotografía 3. Desarenador No. 1. Nótese el canal de excesos. Vista hacia aguas arriba.....	67
Fotografía 4. Desarenador No. 2. Se aprecian compuertas de lavado y vertedero de salida.....	67
Fotografía 5. Sistema desarenador con dos módulos. Vista hacia abajo.....	67
Fotografía 6. Control de salida de los desarenadores.....	67
Fotografía 7. Socavación profunda a la salida de la estructura de captación.....	70
Fotografía 8. Detalles de inestabilidad de taludes.....	71
Fotografía 9. Detalles de inestabilidad de taludes.....	71
Fotografía 10. Detalles procesos de socavación de orillas e intervención del cauce a 250 m.....	71
Fotografía 11. Vista General Planta No. 1. Vistahacia aguas abajo.....	71
Fotografía 12. Filtros de la Planta No. 1. Sentido del flujo hacia la derecha.....	75
Fotografía 13. Entrada de agua a la Planta No. 2. Vista de los floculadores.....	75
Fotografía 14. Vista general de la Planta No 2. Vista hacia aguas abajo.....	76
Fotografía 15. Sedimentadores de placas paralelas en Planta No. 2.....	76
Fotografía 16. Floculador hidráulico horizontal de la Planta No. 3. Vista hacia aguas arriba.....	76
Fotografía 17. Estructura del sedimentador en la Planta No. 3. Vista hacia aguas abajo.....	77

LISTA DE APENDICES

Apéndice A. Fotografía	141
Apéndice B. Permiso de concesión de Agua	144
Apéndice C. Visita Técnica	152

Resumen

Como requisito para optar por el título de ingeniero ambiental, realicé las pasantías en la empresa, Corporación Autónoma Regional del Cesar “CORPOCESAR” enfocando mi proyecto de grado en la formulación del programa para el uso eficiente y ahorro del recurso hídrico del acueducto municipal de La Jagua de Ibirico – Cesar.

Para lo cual desarrolle una serie de objetivos como la determinación de la oferta y demanda hídrica del sistema de acueducto, elaborar el diagnóstico del estado actual de la infraestructura y el sistema operativo del acueducto del municipio de La Jagua de Ibirico y por ultimo diseñar alternativas y metodologías que estructuran el programa de uso eficiente y ahorro del agua, las cuales lleve a cabo para la formulación del programa.

Realizando una serie de actividades como la revisión de la información técnica (planos, diseños, características de la infraestructura), Visita ocular a las instalaciones de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del recurso agua, Identificación de los procesos de potabilización realizados en el sistema, entre otros se presentan una serie de inconsistencias empezando por los procesos de potabilización que no están siendo acorde como lo establece la norma.

Como conclusión podemos decir que el recursos natural más afectado es el recurso agua, debido a esto debemos tomar medidas de restricción y de manejo adecuado para preservar nuestro máspreciado tesoro el “AGUA”.

Introducción

Desde sus orígenes, la humanidad ha tenido la capacidad de alterar la naturaleza. Sin embargo, fue en el periodo de la Revolución Industrial cuando más aumentaron las dinámicas de producción y los desarrollos científicos y tecnológicos, hasta el punto de superar los límites de producción en el entorno. En la década de los años setenta se inició una preocupación mundial por los recursos naturales y su rápida disminución, escasez y extinción en algunas áreas geográficas del planeta. Como consecuencia, se llevó a cabo una serie de convenciones en las que se reunieron gobernantes de países desarrollados y no desarrollados, para establecer acuerdos internacionales sobre el manejo responsable de los recursos naturales.

El agua es un recurso estratégico para el desarrollo del ser humano y los demás seres vivos, para los asentamientos humanos y las actividades económicas. El agua, como recurso natural, se encuentra disponible en diferentes tipologías: superficiales, subterráneas, marinas y oceánicas (Camacho, 2009). Las funciones del agua se encuentran asociadas a los ecosistemas donde se encuentre, como bosques, humedales y páramos.

Los recursos hídricos constituyen los cimientos sobre los que se asienta el tan reclamado y publicitado desarrollo sostenible, al mismo tiempo que los ecosistemas y el sustento humano dependen de un uso eficiente y racional de este líquido vital y cada vez más escaso y precioso. Por lo tanto, no sólo es necesario preservar el agua, sino hacer también una distribución más equitativa y mejorar su calidad.

Capítulo 1. Formulación del Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Recurso Hídrico del Acueducto Municipal de la Jagua de Ibirico Cesar

1.1. Descripción de la Corporación Autónoma Regional del Cesar “CORPOCESAR LA JAGUA DE IBIRICO”

CORPOCESAR fue creada mediante decreto 3454 del 17 de Diciembre del año 1983, durante el gobierno de Belisario Betancourt, como un establecimiento público descentralizado del orden nacional, adscrito al departamento nacional de planeación, dotado de personería jurídica, autónoma administrativa y patrimonio independiente.

La corporación tendrá como finalidades principales las de promover el desarrollo económico y social de la región comprendida bajo su jurisdicción, mediante la plena utilización de todos los recursos humanos y naturales a fin de encauzar y obtener el máximo nivel de vida de la población y la de realizar programas y proyectos de integración con la región fronteriza de la República de Venezuela.

CORPOCESAR tiene como objetivo principal Propender por el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente en su jurisdicción, a través de la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición,

administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

La corporación tendrá jurisdicción en el territorio del departamento del Cesar la cual está dividida en 5 regiones: Valledupar sede principal; Aguachica, Curumani, Chimichagua, La Jagua De Ibirico, denominadas seccional, dentro de la estructura orgánica de la Corporación.

1.1.1. **Misión:**

"Liderar dentro del marco del desarrollo sostenible la gestión ambiental en su jurisdicción".

1.1.2. **Visión:**

"Lograr que en el 2020 el desarrollo integral de la comunidad se dé en armonía con la naturaleza, reconociendo y fortaleciendo la identidad cultural y la vocación productiva del territorio".

1.1.3. **Objetivo del empresa:**

Propender por el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente en su jurisdicción, a través de la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.

La Estructura Interna de la Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR, será la siguiente:

ASAMBLEA CORPORATIVA

CONSEJO DIRECTIVO

1. DIRECCION GENERAL

1.1 Oficina de Control Interno

1.2 Oficina Jurídica

2. Secretaria General

3. Subdirección de Planeación

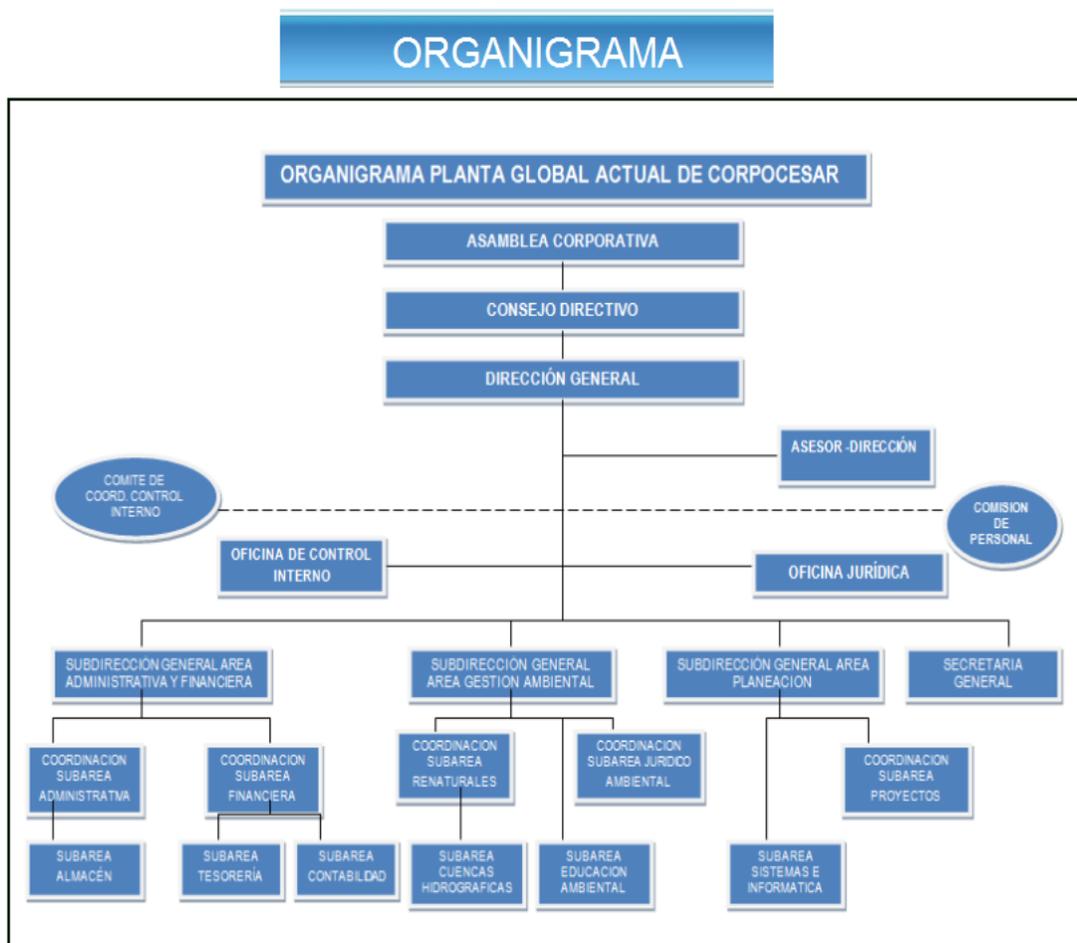
4. Subdirección de Gestión Ambiental

5. Subdirección Administrativa y Financiera

ORGANOS DE ASESORIA Y COORDINACION

1. Comisión de Personal

2. Comité de Coordinación de Control Interno



Fuente: Corpocesar <http://www.corpocesar.gov.co/files/Acuerdo%20organigrama.pdf>

1.1.5 Descripción de la dependencia Asignada.

La pasantía se realiza en la corporación autónoma regional del cesar CORPOCESAR, la dependencia asignada depende de la subdirección de la gestión ambiental de la corporación autónoma regional seccional la jagua, en la cual desarrollare el objetivo principal de la pasantía la cual es la formulación del programa para el uso eficiente y ahorro del recurso hídrico del acueducto de La Jagua De Ibirico cesar, esta sede comprende tres municipios Becerril, El Paso y La Jagua De Ibirico, realizando las actividades de gestión de atención de quejas sobre contaminación de recursos naturales (agua, suelo, aire, flora, fauna entre otras) seguimiento y

control de concesión de agua superficial y subterránea, solicitudes de aprovechamiento forestal, atención sobre educación ambiental de manejo de residuos, presencia institucional en el programa reasentamiento en las poblaciones del hatillo, boquerón y plan bonito.

Se realizan visitas técnicas en acompañamiento con los ministerio de ambiente, protección social, de minas, la ANLA, Ecopetrol, la agencia nacional minera, empresas privadas se cuenta con una oficina sobre la red de calidad del aire manejando 14 estaciones que miden material particulado de 2.5PM y 10PM, están ubicadas en la zona rural y en la zona urbana.

1.2 Diagnóstico Situacional de la Empresa

La corporación autónoma regional del cesar seccional de La Jagua de Ibirico está bajo la responsabilidad de un profesional, perteneciente a la planta de la corporación, quien realiza las funciones de coordinador de la seccional.

Con el fin de evidenciar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR se realizó la MATRIZ DOFA.

Factores internos	FORTALEZAS (F)	DEBILIDADES (D)
Factores externos		
<p>OPORTUNIDADES (O)</p> <p>O1. Implementación de actividades y proyectos encaminados al mejoramiento y conservación del recurso hídrico a través de la sensibilización y educación dirigida a los funcionarios de la Empresa y a los habitantes del Municipio.</p> <p>O2. Aplicabilidad de la ley 373 1997 (por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua).</p> <p>O3. Aprovechar las precipitaciones para disminuir el consumo de agua potable, en la parte de la agricultura.</p> <p>O4. Capacitar y sensibilizar a todos los empleados de la empresa para que repliquen un adecuado desempeño en el uso eficiente y ahorro del agua.</p>	<p>F1. Colaboración por parte de la corporación autónoma regional Corposesar en la formulación del programa de ahorro y uso eficiente del agua.</p> <p>F2. Protección de las fuentes de Agua</p> <p>F3. El rio genera caudales suficientes para consumo humano, abasteciendo el acueducto urbano del Municipios de La Jagua de Ibirico.</p> <p>F4. Disposición de las personas que habitan en las veredas aledañas al rio, para cooperar en el programa de uso eficiente y ahorro del agua.</p> <p>F5. La prestación del servicio de agua potable, es prioridad por parte de las empresas prestadoras de servicios públicos y de las alcaldías municipales.</p>	<p>D1. No hay macro ni micro medidores y por ende se dificulta la medición de fugas.</p> <p>D2. Poco compromiso y conciencia por parte del personal de la empresa en general.</p> <p>D3. Incumplimiento en cuanto a la formulación de los programas de uso eficiente y ahorro del agua por parte de las entidades prestadoras del servicio.</p> <p>D4. Infraestructura inadecuada</p> <p>D5. Falta de conciencia ambiental en cuanto al uso eficiente del agua y conservación del recurso hídrico.</p>
AMENAZAS (A)	ESTRATEGIAS (FO)	ESTRATEGIAS (DO)
<p>A1. El abandono en la que se encuentran la fuente hídrica que abastece al acueducto de La Jagua de Ibirico.</p> <p>A2. La parte baja de la cuenca es susceptible a procesos de desertificación, acelerados por</p>	<p>F.O.1. Realizar actividades encaminadas al mejoramiento y conservación del recurso hídrico, sensibilizando a los funcionarios de la Empresa y a los habitantes del Municipio.</p>	<p>D.O.1. Realizar la implementación para instalar los medidores micro medidores.</p> <p>D.O.2. Realizar actividades para crear compromiso y conciencia por parte de la corporación.</p>

la sobreexplotación y el uso inapropiado de la tierra.	F.O.2. Cumplir la aplicabilidad de la ley de uso eficiente y ahorro del agua.	D.O.3. La autoridad a cargo debe hacer cumplir la formulación del programa de uso y ahorro eficiente del agua.
A3. Desinterés por parte de las entidades prestadoras de servicio en cuanto a los programas de ahorro y uso eficiente del agua.	F.O.3. Capacitar al personal de las veredas para que utilicen el agua lluvia para el uso agrícola.	
A4. Cambios climáticos inesperados con fuertes épocas de verano.	ESTRATEGIAS (FA) F.A.1. Desarrollar programas que garanticen la protección de la fuente hídrica.	ESTRATEGIAS (DA) D.A.1. Tener establecido un programa de alerta temprana para eventualidades del fenómeno del niño y niña.
A5. Falta de disposición de algunos empleados.	F.A.2. Realizar capacitaciones a los asentamientos que habitan en la parte baja del río. F.A.3. Hacer charlas por parte de estudiantes pasantes de la universidad francisco de paula Santander Ocaña, a los empleados de la empresa y a los habitantes del municipio.	D.A.2. La autoridad competente obtenga terrenos en la parte alta del río, para la protección del afluente. D.A.3. Educar la comunidad en general, para que entiendan la importancia de formular el programa de uso eficiente y ahorro del agua.

Fuente: autor de las pasantías

1.2.1 Planteamiento del problema

El recurso hídrico es un elemento indispensable para la vida de todos los seres humanos; no obstante al mismo tiempo se ha convertido en un recurso escaso en ciertas zonas del país, debido a las problemáticas ambientales como el calentamiento global, el cual se ve reflejado en el cambio climático. Sumando a estas problemáticas universales causadas por los fenómenos naturales y antrópicos; el poco compromiso y la falta de conciencia ambiental en cuanto al uso eficiente del agua y conservación del recurso hídrico por parte de las personas y sectores de las comunidades en la realización de sus diferentes actividades diarias, acrecientan las problemáticas relacionadas al uso y aprovechamiento del recurso.

La ley 373 de 1997 reglamenta el programa de uso eficiente y ahorro del agua, como el conjunto de proyectos y acciones encaminadas y adoptadas por las entidades encargadas de la prestación de servicios públicos de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico, para brindar la protección de este recurso natural y garantizar el adecuado aprovechamiento del mismo.

Por estas razones mencionadas la empresa de acueducto alcantarillado y aseo de la Jagua de Ibirico, debe optar por formular un programa de uso eficiente y ahorro del recurso hídrico, con el fin de planificar la disponibilidad de agua para consumo humano en cantidad y calidad para la población actual y la población proyectada con los índices actuales de crecimiento.

1.3 Objetivos de las Pasantías

1.3.1 Objetivo general.

Formular el programa para el uso eficiente y ahorro del recurso hídrico del acueducto municipal de La Jagua de Ibirico -Cesar.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Determinar la oferta y demanda hídrica del sistema de acueducto.
- Elaborar el diagnóstico del estado actual de la infraestructura y el sistema operativo del acueducto del municipio de La Jagua de Ibirico.

- Diseñar alternativas y metodologías que estructuran el programa de uso eficiente y ahorro del agua.

1.4 Descripción de las Actividades a Desarrollar

Tabla 1.

Actividades a desarrollar durante el periodo de pasantías

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECIFICO	ACTIVIDADES PARA HACER POSIBLES EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS
FORMULAR EL PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL RECURSO HÍDRICO DEL ACUEDUCTO DE LA JAGUA DE IBIRICO CESAR.	Determinar la oferta y demanda hídrica del sistema de acueducto.	Realizar visitas de campo, para identificar las fuentes de abastecimiento que surten el sistema de acueducto. Realizar aforos en la fuente de abastecimiento y red de distribución. Cuantificar usuarios e identificar los usos dados al recurso en el sistema de acueducto. Revisión del permiso de concesión otorgado al sistema de acueducto.
	Elaborar el diagnóstico del estado actual de la infraestructura y el sistema operativo del acueducto del municipio de La Jagua de Ibirico.	Revisión de la información técnica (planos, diseños, características de la infraestructura). Visita ocular a las instalaciones de captación, conducción, tratamiento,

almacenamiento y distribución del recurso agua.

Identificación de los procesos de potabilización realizados en el sistema.

Diseñar alternativas y metodologías que estructuran el programa de uso eficiente y ahorro del agua.

Proponer programas, actividades para el manejo de las zonas de abastecimiento.

Proponer programas, proyectos, obras o actividades para mejorar la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del recurso agua.

Programa para Sensibilización y participación comunitarias.

Fuente: autor de las pasantías

Capítulo 2. Enfoques Referenciales

2.1 Enfoque Conceptual

2.1.1 Agua.

Es una sustancia cuyas moléculas están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Se trata de un líquido inodoro (sin olor), insípido (sin sabor) e incoloro (sin color)

El agua es el componente que aparece con mayor abundancia en la superficie terrestre (cubre cerca del 71% de la corteza de la Tierra). Forma los océanos, los ríos y las lluvias, además de ser parte constituyente de todos los organismos vivos. La circulación del agua en los ecosistemas se produce a través de un ciclo que consiste en la evaporación o transpiración, la precipitación y el desplazamiento hacia el mar. (Definición.de, s.f.)

2.1.2 Programa de uso eficiente y ahorro del recurso hídrico.

El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos

de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa. (SENADO DE LA REPUBLICA , 1997)

El conocimiento de los usos del agua, el de los recursos hídricos disponibles, el marco administrativo de dicha gestión o los aspectos económicos y medioambientales. Para ello se analizan los problemas fundamentales que se plantean en la actualidad (como, por ejemplo, la contaminación de los cauces, la sobreexplotación de los acuíferos, la reducción de los caudales naturales en los ríos, la baja eficiencia de muchos usos del agua, un precio del agua que en ocasiones no refleja todos los costes que implica hacer llegar el recurso a los usuarios, las devastadoras inundaciones y las recurrentes sequías, etc.) y las principales soluciones que se barajan para resolverlos (asegurar unos niveles mínimos de depuración; garantizar unos requerimientos mínimos ambientales en los cauces; realizar posibles trasvases de agua entre cuencas; procurar la reutilización directa de aguas residuales, promover programas de ahorro de agua, de modernización de regadíos, de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas, etc.) (Pérez, 2002).

2.1.3 Recursos naturales.

En concreto, son materias primas, materiales o componentes que se producen de forma natural en el ambiente. Esto significa que el ser humano no tiene injerencia en su aparición, formación o nacimiento.

Los recursos naturales pueden existir como elementos separados entre sí o funcionar mediante su unión con otros recursos. Por ejemplo, el agua es un recurso natural que es por sí

misma; un animal la puede beber y no necesita de otro recurso sólo para hidratarse. En cambio, los minerales metálicos presentes en la tierra necesitan de un conjunto de elementos para convertirse en recursos naturales necesarios.

Muchos de ellos, como el aire, son indispensables para la supervivencia de los seres humanos. En términos prácticos, se les considera bienes que se pueden utilizar para su consumo, puesto que aportan beneficios útiles en la producción de las materias primas y la energía necesarios en la producción económica.

Los humanos utilizan los recursos de la naturaleza para moldear la vida de acuerdo con sus conveniencias. En la actualidad, se les necesita para satisfacer necesidades y demandas (BioEnciclopedia, s.f.).

2.1.4 Educación ambiental.

Con el fin de mejorar el desempeño ambiental y mejorar en los indicadores que se propongan para viabilizar el presente programa de ahorro y uso eficiente del agua, se debe invertir en educación ambiental, para generar sensibilidad y cultura frente al adecuado manejo del agua en la institución.

Se debe desarrollar tímidamente la sensibilización con respecto al tema, sin embargo, se debe dar mayor énfasis, presencia y durabilidad a este tipo de campañas para lograr el efecto deseado.

2.1.5 Mantenimiento preventivos y correctivos.

La edificación en la que se desarrollan la mayoría de las actividades de la institución, es una edificación que posee más de 40 años de funcionamiento, lo que favorece el deterioro de las instalaciones hidráulicas de la misma, por lo tanto, se requiere un plan de mantenimiento preventivo y correctivo acorde a las necesidades de la planta física, por lo tanto, se debe considerar los siguientes programas:

- Iniciar un programa de identificación y reparación de fugas. Este programa debería cubrir todas las áreas del edificio, baños, cocinetas, cuartos de lavado.
- Mantenimiento preventivo: Revisar regularmente las tuberías, válvulas y grifos; además de establecer un plan de mantenimiento preventivo de las tuberías y válvulas.

El beneficio económico se traduce en la reducción del consumo de agua, así como en el costo de vertimiento.

2.1.6 Empleo de Agua lluvia como fuente alternativa de agua.

La cual sería el área aferente de captación potencial que se tendría para la implementación de la captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico y estrategia de producción más limpia. (Rojas, 2012)

2.1.7 Medidor de agua.

Un medidor es un instrumento que registra la cantidad de agua que se consume en cada inmueble. El registro de consumo junto a un régimen tarifario medido constituye un sistema de

facturación equitativo donde se paga por lo que realmente se consume. Poder conocer los consumos ayuda a regularlo, evitando así el derroche de agua. (Aguas Cordobesas, s.f.)

2.2 Enfoque Legal

Constitución Política de Colombia 1991: por lo cual se reglamenta los derechos colectivos y del ambiente.

Artículo 79. Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

LEY 373 de 1997: por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

Artículo 1o. PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA.
Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales encargadas del manejo, protección y control del recurso hídrico en su respectiva jurisdicción, aprobarán la implantación y ejecución de dichos programas en coordinación con otras corporaciones autónomas que compartan las fuentes que abastecen los diferentes usos.

Artículo 2o. CONTENIDO DEL PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA. El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa.

DECRETO 2811 de 1974. Código nacional de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.

LEY 99 de 1993. Define el SINA y crea el ministerio del medio ambiente.
Consigna orientaciones sobre la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.

Artículo 1.- Principios Generales Ambientales. La política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales:

El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Capítulo 3. Informe de Cumplimiento de Trabajo

3.1 Presentación de Resultados.

3.1.1 Localización Geográfica.

La Jagua de Ibirico hace parte de la cuenca carbonífera ubicada en la Región Central del Departamento del Cesar, comprende un área de 76.337 hectáreas, y se ubica a 9° 24' de latitud norte y 73° 20' de longitud occidental. El municipio tiene una superficie total de 752 Km², representando el 3.67% del total del departamento.

El municipio forma parte de la Subregión Central del departamento, con los municipios de Becerril, Chimichagua, Chiriguaná, Pailitas, Tamalameque y Curumaní, siendo este último el centro nodal de la Subregión (Plan de Desarrollo 2012-2015). La cabecera municipal del municipio de La Jagua de Ibirico se encuentra ubicada a 150 msnm y a una distancia aproximada de 131 Km de la ciudad de Valledupar, capital del departamento. En el año 2013, la cabecera municipal cuenta con un perímetro urbano de 300.6 ha, subdividida en 25 Barrios (PBOT 2000).



Figura 1. Localización Municipio de La Jagua de Ibirico

Fuente: PBOT - Googlemaps

3.1.1.1 Límites.

El municipio de La Jagua de Ibirico está integrado por los Corregimientos de La Palmita, La Victoria de San Isidro y Boquerón; y además cuenta con 36 veredas: El Diamante, La Esmeralda, San Antonio, Buenos Aires, Campo Alegre, San Miguel, Las Animas, Las Nubes, La Conquista, La Unión, Mechoacán - Guarumito, Caño Adentro, Salsipuedes, Salsipuedes Toscano, El Prado, La Estrella, La Libertad, Aracoraima, San Isidro, El Tolima, La Trinidad, Guarumera, El Caudaloso, Alto de las Flores, Zumbador, Nueva Granada, Argentina Norte, Argentina Sur, Sororia, Manizales Alto, Manizales Bajo, La Esperanza, Las Mercedes, Las Delicias, Costa rica, Sabanas de Ibirico. El territorio municipal está limitado de la siguiente manera: al Norte con el municipio de Becerril; al sur con Chiriquaná; al este con la República de Venezuela y al Oeste con los municipios de Chiriquaná y El Paso.

3.1.1.2 Vías de Comunicación.

El centro urbano del municipio cuenta con una malla vial local que permite la comunicación entre diferentes sectores del casco urbano. Aproximadamente el 45% de las vías municipales esta pavimentada y el 55% restante corresponde a vías destapadas; en las vías pavimentadas se observa la presencia de huecos y zanjas, abiertos durante la instalación, reparación y mantenimiento de las redes de servicios públicos. La vía principal de la cabecera municipal es la Diagonal 1, donde confluye la mayor parte del comercio municipal. Dicha vía coincide con la troncal que comunica al municipio con Becerril, y con Chiriguaná. De acuerdo con lo reportado en el Plan de desarrollo del municipio (2012).

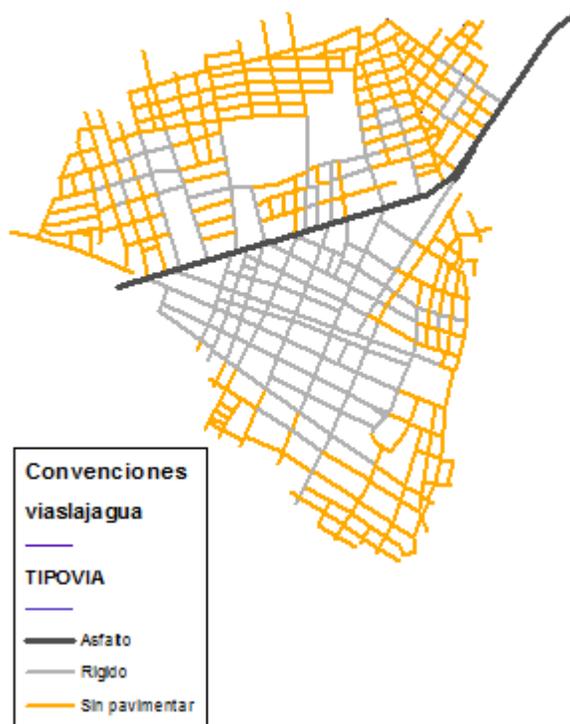


Figura 2. Malla Vial, Casco Urbano
Fuente: PBOT

3.2 Climatología

Las condiciones climáticas en el municipio de La Jagua de Ibirico son determinadas principalmente por la distribución orográfica de la región, donde la Serranía del Perijá detiene el movimiento de las nubes que provienen del occidente y permite las condiciones lluviosas del área municipal, ubicada en la depresión contigua a la nombrada formación montañosa. Por el contrario, las zonas planas del río Tucuy y San Antonio presentan características propias de climas secos, con marcados periodos entre una época y otra. Las temperaturas en el municipio son bastante uniformes a lo largo del año, cercanas a 30 °C.

3.2.1 Localización de estaciones Hidrometeorológicas.

Con el objetivo de entender la dinámica climática en el municipio de La Jagua de Ibirico, se estudiaron los reportes provenientes de las siguientes estaciones del IDEAM.

Tabla 1.

Resumen de estaciones hidroclimatológicas.

Código	Estación	Clase	Subcuenca	Coordenadas		Altitud msnm
	nombre			Norte	Este	
2802508	Socomba	CP	Con el zorro	9° 43´	73° 15´	170
2502023	La jagua	PM	Ay jobito	9° 35´	73° 17´	170
2502069	Poponte	PM	Q la mula	9° 25´	73° 20´	500
2502028	La loma	PM	Ay paraluz	9° 37´	73° 36´	30
2802704	Sta. teresa	LM	Sicare	9° 47´	73° 18´	80
2802705	Becerril	LM	Maracas	9° 43´	73° 17´	106

Fuente: PBOT

Para la caracterización de las condiciones climatológicas se utilizó la información de las estaciones Socomba y La Jagua.

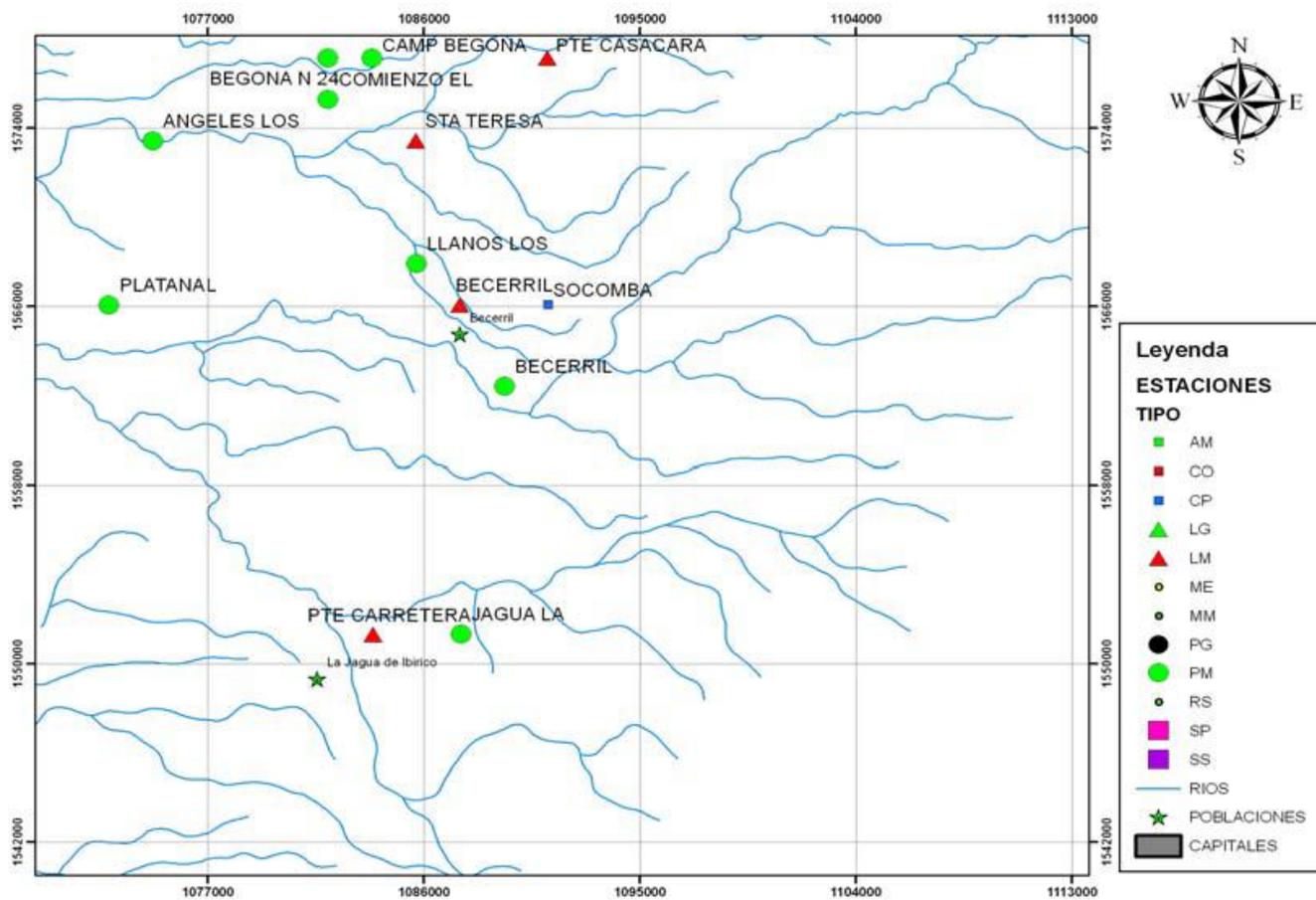


Figura 3. Localización General de la estaciones hidroclimatológicas.

Fuente: (PBOT 2000)

3.2.2 Precipitaciones medias.

La precipitación de la zona presenta un régimen bimodal con lluvias desde abril a junio y de agosto a noviembre. Mayo y Octubre son los meses de mayor precipitación con un promedio de 320.6 mm; mientras que Enero es el mes más seco. De acuerdo con la información proveniente de la estación Socomba, ubicada en la parte plana del municipio, la precipitación

media anual es de 1656.9 mm y la precipitación máxima es de 2811mm. A continuación se presentan los valores totales mensuales de precipitación en las estaciones La Jagua.

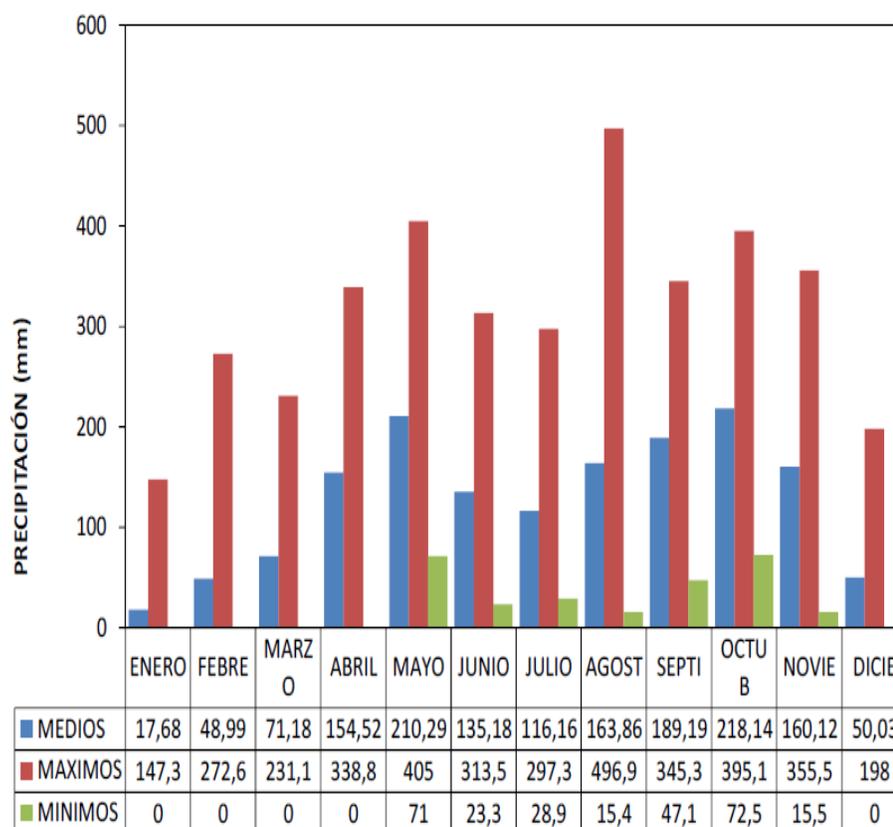


Figura 4. Valores totales mensuales de precipitación Estación La Jagua

Fuente: (PBOT 2000)

3.2.3 Precipitaciones máximas.

Para la cuenca en estudio, se realizó el análisis de lluvias máximas para diferentes períodos de retorno en la estación La Jagua. Para el análisis de las lluvias máximas en 24 horas, se recopilaron los máximos valores anuales de precipitación en 24 horas registrada, mediante la distribución de probabilidad de Gumbel. En Tabla 2 se presentan los valores obtenidos para

períodos de retorno de 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Las precipitaciones máximas fueron reportadas en los meses de mayo (160 mm) y agosto (155 mm).

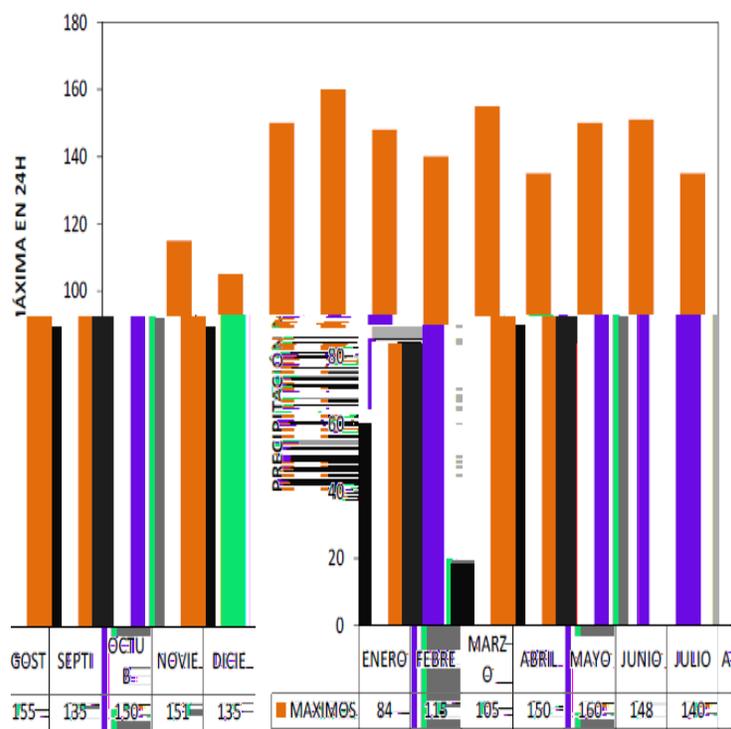


Figura 5. Precipitaciones máximas en 24 horas- Estación La Jagua.

Fuente: (PBOT 2000)

Tabla 2.

Análisis de Frecuencia de Lluvia Máxima en 24 Horas.

Periodo de retorno (años)	Precipitación(mm)
100.0	204.24
50.0	187.59
25.0	170.82
10.0	148.21
5.0	130.32
3.0	116.11

Fuente: (PBOT 2000)

3.2.4 Número de días con lluvia.

El promedio de días con lluvia anual es de 87 días; con máximos en los meses de marzo a junio, y de agosto a noviembre.

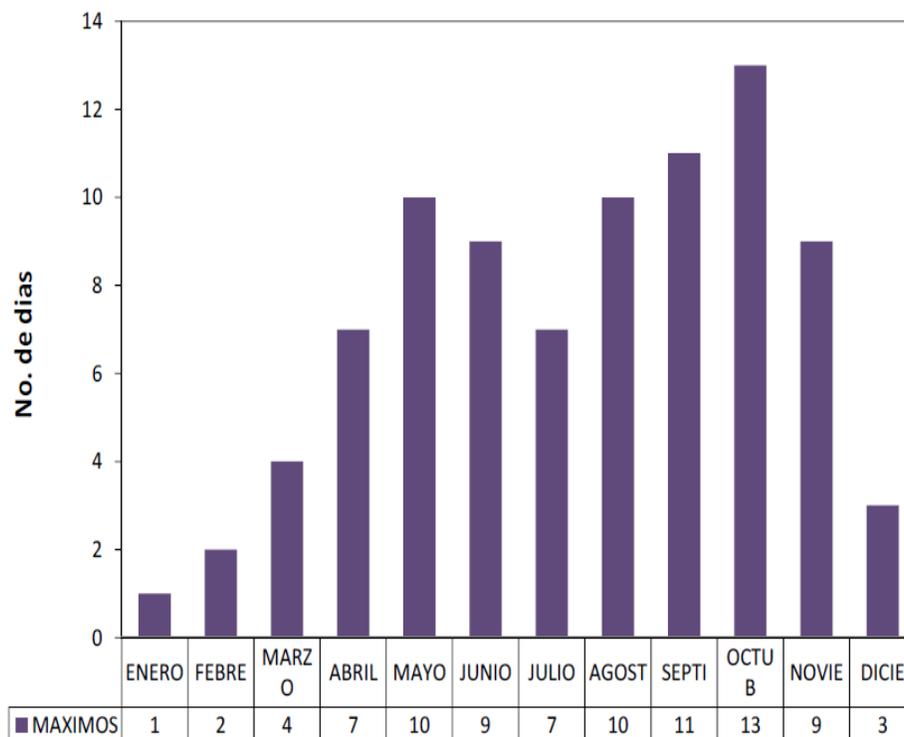


Figura 6. Número de días con lluvia- Estación La Jagua.

Fuente: (PBOT 2000)

3.2.5 Temperatura.

La temperatura media del área es de unos 27.8 °C, siendo los meses más cálidos febrero y marzo, y los menos calientes octubre y noviembre. La figura a continuación muestra los valores medios mensuales medidos en la Estaciones de La Jagua y Socomba.

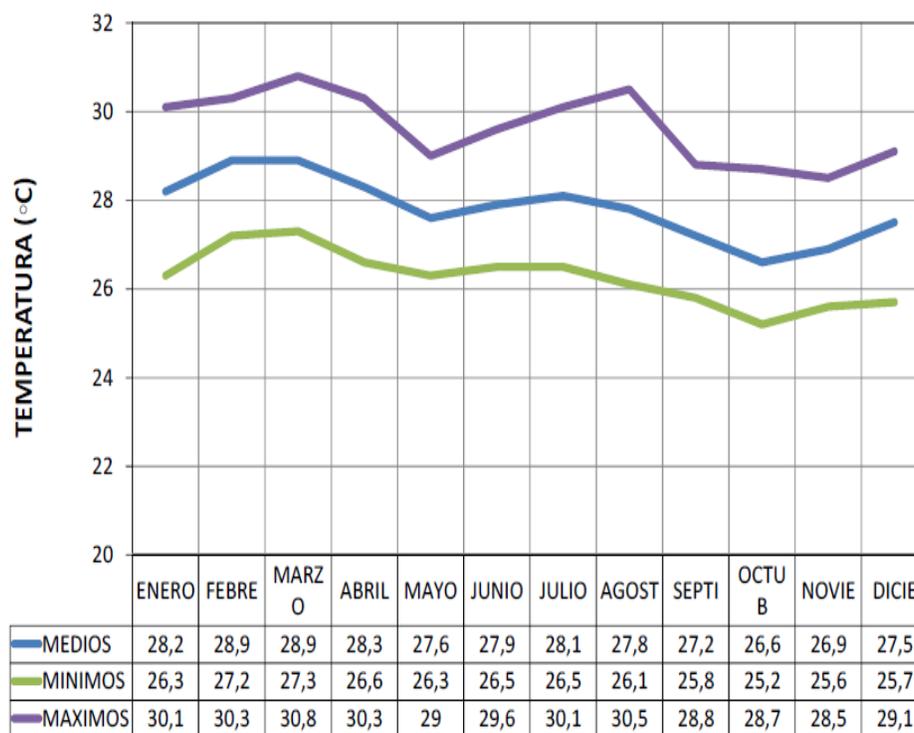


Figura 7. Valores medios mensuales de temperatura en la Estación Socomba.

Fuente: (PBOT 2000)

3.2.6 Evaporación.

De acuerdo con lo reportado por la estación SOCOMBA, la evaporación más alta se presenta a inicios del año, entre los meses de enero a abril, con un valor máximo de 170.4 mm y un valor mínimo en noviembre de 107 mm, respectivamente. En cuanto a la información recolectada en la estación LA JAGUA, la evaporación anual es de 1769.1 mm; con un valor máximo de 210.9 mm en febrero, y un valor mínimo de 94.0 mm en Octubre.

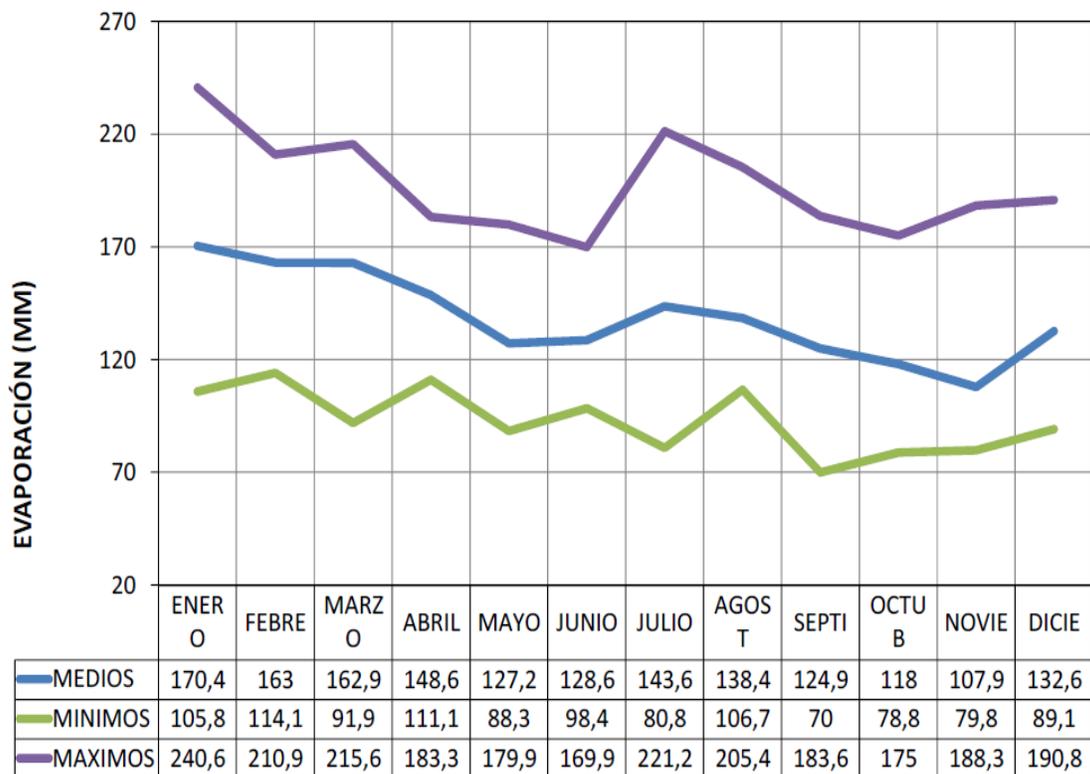


Figura 8. Valores medios mensuales de evaporación. Estación Socomba

Fuente: (PBOT 2000)

3.2.7 Humedad Relativa.

La humedad relativa media mensual multianual en las dos estaciones analizadas presenta valores entre 66% y 83%, siendo el mes más húmedo octubre, y enero y febrero los menos húmedos. En promedio, en la región, la humedad relativa es del 76%.

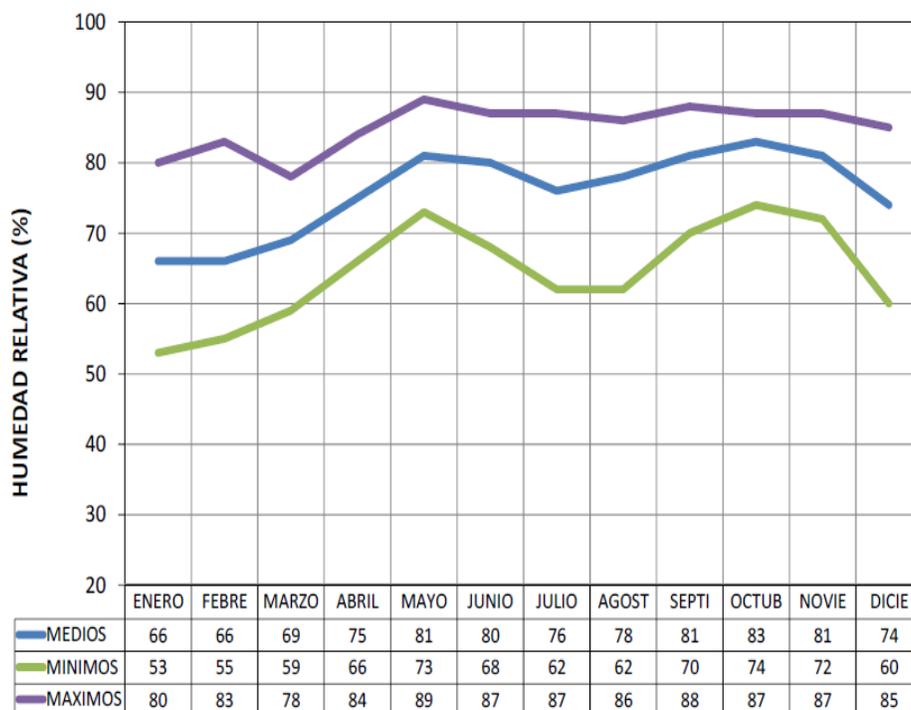


Figura 9. Valores medios mensuales de humedad relativa. Estación Socomba

Fuente: (PBOT 2000)

3.2.8 Brillo solar.

En los meses de precipitaciones bajas, como enero, se presentan la mayor cantidad de horas con brillo solar, 267 horas. En contraste, los meses de altas precipitaciones presentan el menor número de horas con brillo solar (164.3 horas promedio). A lo largo del año, el promedio mensual es de 201.8 horas y diario de 7 horas.



Figura 10. Valores medios mensuales de brillo solar. Estación Socomba

Fuente: (PBOT 2000)

El relieve determina la temperatura en el municipio; el área plana presenta temperaturas que oscilan entre los 28° y los 32°C, el Piedemonte presenta temperaturas entre los 17° y los 24°C, mientras que la temperatura en la serranía presenta promedios entre 14°y 17°C. De acuerdo con el PBOT-2000 del municipio, la evaporación anual es de 1769.1 mm y la humedad relativa oscila entre 63% y 84%.

3.3 Vegetación

En general, la vegetación presenta características de bosque seco tropical, donde las condiciones del suelo y de humedad determinan la sub clasificación:

- Bosque seco tropical de galería
- Bosque seco tropical típico
- Bosque seco tropical con tendencia a muy seco- sabana

Las zonas elevadas hacen parte de los ecosistemas de paramo y subpáramo, con gran importancia ecológica.

Tabla 3.

Distribución del Uso y cobertura Vegetal del Suelo

Tipo de Uso	Símbolo	Distribución municipal (ha)	
		Ha	%
Bosque Natural Degradado	Bs	7525	9.61
Bosque Protector	Bp	7963	10.17
Bosque Comercial	Bc	110	0.14
Rastrojos	Ra	10198	13.02
Pastos Naturales	Pn	7164	9.15
Pastos Mejorados	Pm	28923	36.93
Cultivo Anual Transitorio	Cat	3429	4.38
Cultivos Permanente	Cf	2366	3.02
Explotación Minera	Em	10311	13.16
Zonas Urbanas	Zu	338	0.43
TOTAL		78327	100.00

Fuente: PBOT de La Jagua de Ibirico, 2000.

3.4 Topografía

El municipio de La Jagua de Ibirico esta principalmente conformado por terrenos planos o ligeramente planos con pendientes entre 0 y 3%. En dirección oriente, la zona presenta terrenos

ondulados con alturas máximas de 150 msnm, pertenecientes a las estribaciones de la serranía del Perijá.

Tabla 4.

Topografía La Jagua de Ibirico

Tipo de topografía	Rangos de pendiente %	Cubrimiento	
		Hectareas (HAS)	%
Plano a ligeramente plano	0-3	35.960	47.1
Plano ligeramente inclinado	3-7	5.947	7.8
Plano moderadamente inclinado	7-12	4.601	6.0
Plano fuertemente inclinado	12-25	6.707	8.8
Plano moderadamente inclinado	25-50	12.639	16.6
Plano escarpado	50-75	8.118	10.6
Plano muy escarpado	>75	2.367	3.1
TOTAL		78.338	100.0

Fuente: PBOT La Jagua de I.

3.5 Aspectos Socioeconómicos

3.5.1 Población Actual.

El municipio de La Jagua de Ibirico cuenta con información de población de los censos realizados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas de Colombia (DANE) que se listan a continuación:

Tabla 5.

Censos La Jagua de Ibirico

Año	Población Cabecera (habitantes)	Población Resto (habitantes)	Total
1985	7.687	11.200	18.887
1993	11.364	10.679	22.043
2005	16.850	5.232	22.082

Fuente: DANE

De acuerdo con el Estudio para la Adecuación y Mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, Construcción de Redes Primarias y Reposición de Redes Secundarias en el Municipio de La Jagua de Ibirico, la población está constituida por 26.896 habitantes, aproximadamente. Esta cifra se ha basado en el diagnóstico efectuado por la Administración Municipal a través del análisis de la información suministrada por el SISBEN municipal de 2012; cifra que para el caso de dicho estudio se considera lo más acertado dentro de la escasez de información con la que se cuenta en la zona.

3.5.2 Disposición Urbanística

3.5.2.1 Vivienda

La Alcaldía Municipal reporta un total de 4079 viviendas en el área urbana del municipio de La Jagua de Ibirico.

3.5.2.2 Estratificación Socioeconómica

La Jagua de Ibirico presenta una estratificación de los domicilios o viviendas en dos grupos o estratos (1 y 2).

Tabla 6.

Estratificación urbana de La Jagua de Ibirico

Estrato	Viviendas	Porcentaje de habitantes
1	1907	56.92%
2	1571	41.19%
Comerciante	68	1.89%
Total	3601	100%

Fuente: PBOT de La Jagua de Ibirico 2000.

3.6 Usos del Suelo

En el municipio de La Jagua de Ibirico los suelos están dedicados al uso agropecuario, forestal, minero, pastos y las áreas pobladas.

En la tabla a continuación aparece la distribución del uso del suelo en el municipio.

Tabla 7.

Distribución del Uso o Cobertura Vegetal

Tipo de uso	Símbolo	Distribución municipal (ha)	
		Ha	%
Bosque Natural Degradado	Bs	7525	9.61
Bosque Protector	Bp	7963	10.17
Bosque Comercial	Bc	110	0.14
Rastrojos	Ra	10198	13.02
Pastos Naturales	Pn	7164	9.15
Pastos Mejorados	Pm	28923	36.93
Cultivo Anual Transitorio	Cat	3429	4.38
Cultivos Permanente	Cf	2366	3.02
Explotación Minera	Em	10311	13.16
Zonas Urbanas	Zu	338	0.43
TOTAL		78327	100.00

Fuente: (PBOT 2000)

Actualmente, los terrenos que se ubican en la Serranía del Perijá están siendo sometidos a una intensiva actividad agropecuaria. En el PBOT se recomienda la incorporación de tierras, en la zona plana o planicie aluvial, a dicha actividad con el objetivo, entre otros, de mitigar la presión sobre las zonas altas.

3.7 Estudios de Población y Demanda

3.7.1 Horizonte del Programa

La evaluación del servicio de acueducto y alcantarillado en el municipio de La Jagua de Ibirico tendrá en cuenta el cubrimiento y funcionamiento proyectado para los próximos 25 años, teniendo en cuenta el crecimiento de la población.

3.7.1.1 Nivel de complejidad

La clasificación en uno de estos niveles depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el proyecto, de acuerdo con lo establecido en el siguiente cuadro.

Tabla 8.

Asignación del grado de complejidad

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes) (1)	Capacidad económica de los usuarios (2)
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501-12500	Baja
Medio Alto	12501-60000	Media
Alto	>60000	Alta

Fuente: RAS 2000

3.8 Análisis y Distribución Población Actual

3.8.1 Según PBOT

Según el Censo de 1993 la población total del Municipio de La Jagua de Ibirico era de 22.043 habitantes, de los cuales 11.364 vivían en la cabecera municipal y 10.679 en el área urbana (DANE, 1993).

3.8.2 Proyecciones de Población

El español Juan Ramón de Ibirico, fundó la población en el año 1771. Los enfrentamientos con los indígenas fueron necesarios para poder establecer la fundación. Pero fue en el año de 1979 que nació el municipio de "La Jagua de Ibirico", con un precario presupuesto, hecho que se agravó con el incremento de las necesidades básicas de la comunidad, debido al desordenado crecimiento y el acelerado fenómeno inflacionario que se dio a partir de 1980. A partir de la fecha de fundación el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas de Colombia (DANE) ha efectuado los siguientes censos en el casco urbano del municipio de los cuales se tiene información, así:

Tabla 9.

Censos de población. La Jagua de Ibirico

Año	Población cabecera (habitantes)
1985	7.687
1993	11.364
2005	16.850

Fuente: DANE

El DANE en el cuadro Estimaciones de población 1985-2005 y proyecciones de población 2005-2020 Total Municipal por Área presenta la proyección de la población para la cabecera del municipio, la cual se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 10.

Proyecciones de Población DANE

Municipio/ año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
La jagua de ibirico	22.206	22.230	22.256	22.282	22.311	22.341	22.372	22.405	22.440

Fuente: DANE

Para una población actual, según las proyecciones del DANE el municipio de la Jagua de Ibirico tiene una población total de 22,311 habitantes, de acuerdo con lo cual inicialmente sitúa la complejidad del sistema como medio alta y por lo que se calculará la población utilizando por lo menos los siguientes modelos matemáticos: Aritmético, Geométrico y Exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población, de acuerdo con lo recomendado en el RAS. Los datos de población serán ajustados con la población flotante.

$$Pf = Puc + \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} \cdot (Tf - Tuc)$$

Donde,

- Pf Población (hab) correspondiente al año de proyección,
 Puc Población (hab) correspondiente al último año censado,
 Pci Población (hab) correspondiente al primer censo,
 Tuc Año correspondiente al último censo,
 Tci Año correspondiente al primer censo y
 Tf Año de proyección.

Tabla 12.

Proyección de población aritmética

Año	Poblacion	Año	Poblacion
2013	20.515	2026	26.471
2014	20.973	2027	26.929
2015	21.432	2028	27.387
2016	21.890	2029	27.846
2017	22.348	2030	28.304
2018	22.806	2031	28.762
2019	23.264	2032	29.220
2020	23.722	2033	29.678
2021	24.180	2034	30.136
2022	24.639	2035	30.595
2023	25.097	2036	31.053
2024	25.555	2037	31.511
2025	26.013	2038	31.969

Fuente: PBOT de La Jagua de Ibirico 2000

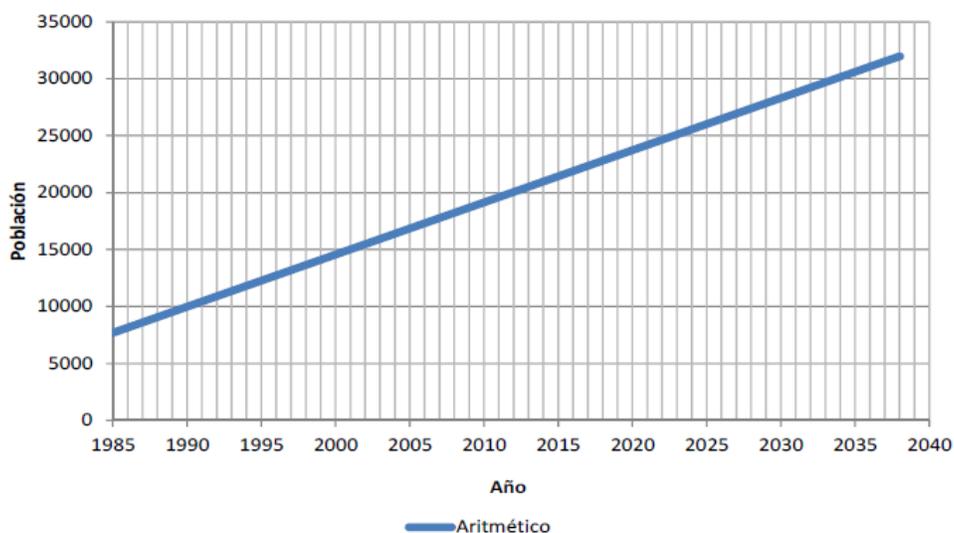


Figura 12. Proyección de población aritmética

Fuente: (PBOT 2000)

3.8.3.2 Método geométrico

El Método Geométrico es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Donde,

r Tasa de crecimiento anual en forma decimal

La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{cl}} \right)^{1/(T_{uc} - T_{ci})} - 1$$

Para el caso de estudio r se estimó igual a 0,040 a partir de los censos de 1983 y 2005 del DANE.

Tabla 13.

Proyección de población geométrica

Año	Población	Año	Población
2013	23.064	2026	38.414
2014	23.987	2027	39.951
2015	24.947	2028	41.550
2016	25.946	2029	43.213
2017	26.984	2030	44.942
2018	28.064	2031	46.741
2019	29.187	2032	48.611
2020	30.355	2033	50.557
2021	31.570	2034	52.580
2022	32.833	2035	54.685
2023	34.147	2036	56.873
2024	35.514	2037	59.149
2025	36.935	2038	61.516

Fuente: PBOT de La Jagua de Ibirico

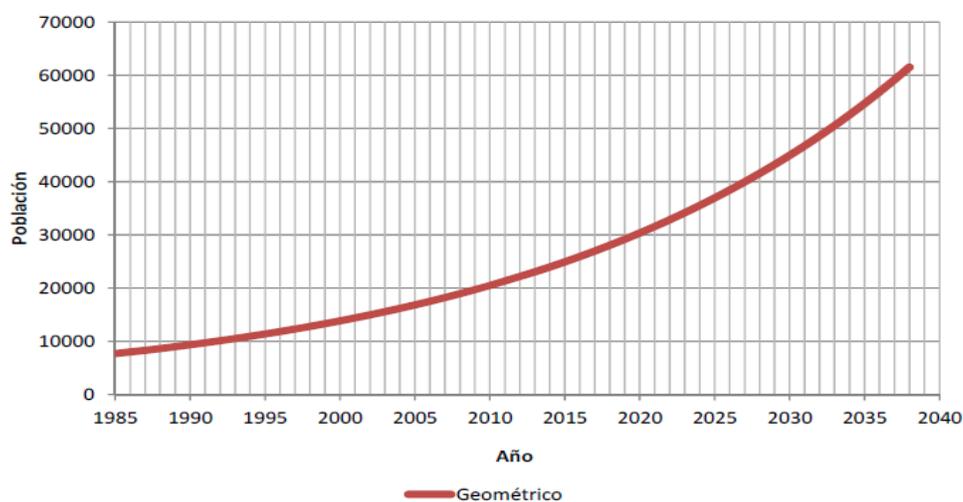


Figura 13. Proyección de población geométrica.

Fuente: (PBOT 2000)

3.8.3.3 Método exponencial

El Método Exponencial requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \cdot e^{k \cdot (T_f - T_{ci})}$$

Donde, K Tasa de crecimiento de la población.

Dicha tasa es calculada como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos.

$$K = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde,

P_{cp} Población del censo posterior,

P_{ca} Población del censo anterior,

T_{cp} Año correspondiente al censo posterior,

T_{ca} Año correspondiente al censo anterior y

Ln el logaritmo natural.

Para el caso de estudio se estimó K igual a 0,040

Tabla 14.

Proyección de población exponencial

Año	Población	Año	Población
2013	23.765	2026	40.135
2014	24.743	2027	41.786
2015	25.760	2028	43.505
2016	26.820	2029	45.294
2017	27.923	2030	47.158
2018	29.072	2031	49.097
2019	30.268	2032	51.117
2020	31.513	2033	53.220
2021	32.809	2034	55.409
2022	34.159	2035	57.688
2023	35.564	2036	60.061
2024	37.026	2037	62.531
2025	37.026	2038	62.531
2026	38.550	2039	65.104

Fuente: PBOT La Jagua de Ibirico

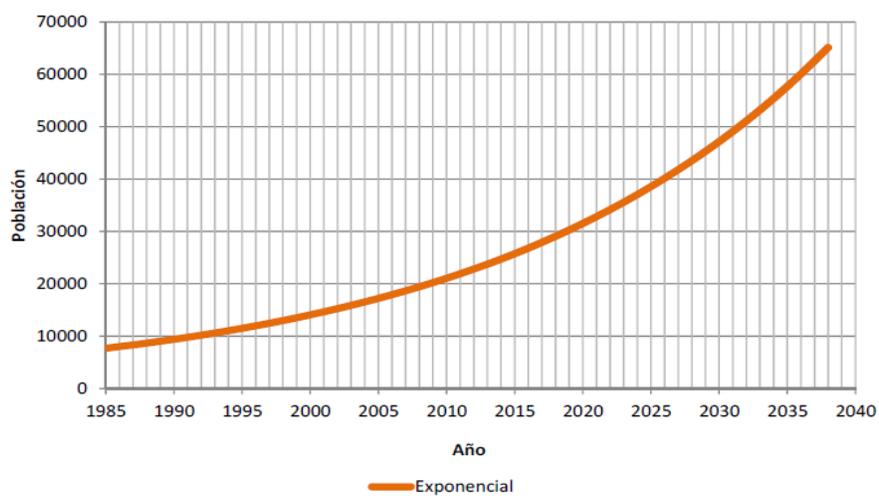


Figura 14. Proyección de población exponencial.

Fuente: (PBOT 2000)

Tabla 15.

Resumen Tasa de crecimiento

Metodo de proyeccion	Tasa de crecimiento	Poblacion año 2038 (habitantes)
Aritmetico	458hab/año	31.969
Geometrico	4%	61.516
Exponencial	4%	65.104

Fuente: PBOT La Jagua de Ibirico

3.8.3.4 Método adoptado

Al comparar los tres métodos, se observa que el método que mejor se adapta a las tendencias histórica de crecimiento del municipio es el método aritmético, igualmente es el método más concordante con la proyecciones DANE 2005 – 2020. Por lo anterior, se adopta el Método Aritmético.

"ARTÍCULO 67.- DOTACIONES: Las dotaciones para la determinación de la demanda de los sistemas de acueducto y alcantarillado serán las siguientes:

DOTACIÓN NETA MÁXIMA. Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. Siempre que existan datos de consumo histórico confiables para el municipio o distrito, la dotación neta máxima a utilizar en el diseño de un nuevo sistema de acueducto o la ampliación del sistema existente debe basarse en dichos datos. La dotación neta máxima

calculada no deberá superar los valores establecidos en la Tabla 16, dependiendo del nivel de complejidad del sistema.

Tabla 16.

Dotación Neta

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con clima frío o templado (L/hab-día)	Dotación neta máxima para poblaciones con clima cálido (L/hab*día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: RAS 2000

Para efectos de la presente Resolución entiéndase por poblaciones con: "Clima Frío o Templado" aquellas ubicadas a una altura superior a 1.000 metros sobre el nivel del mar y por poblaciones con "Clima Cálido" aquellas ubicadas a una altura inferior o igual a 1.000 metros sobre el nivel del mar.

DOTACIÓN BRUTA: Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante considerando para su cálculo el porcentaje de pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

La dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto, indistintamente del nivel de complejidad, se debe calcular conforme a la siguiente ecuación:

$$D_{bruta} = d_{neta} / (1 - \%p)$$

Donde,

Dbruta Dotación bruta

Dneta Dotación Neta

%p Porcentaje de pérdidas admisibles

El porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles en la ecuación anterior no deberá superar el 25%.

PÉRDIDAS ACTUALES: Se efectuó mediciones de producción de caudal en la planta de tratamiento por medio del método volumétrico, a la salida de los sedimentadores, 82.6 lps, y por relación hidráulica sobre la tubería de bypass de 18” que llega directamente al tanque de almacenamiento, 36.5 lps, para un total de 119.1 lps. A partir de la relación de dotación bruta y dotación neta, considerando esta última con el valor de la norma, 135 l/hab-día, se obtiene una pérdida de 64.9%, que para efectos prácticos se adoptará el valor de 65%, como valor inicial de la proyección de pérdidas.

Para efectos de la proyección de la demanda de agua las pérdidas iniciales se llevaran hasta el 25% de acuerdo con la Resolución 2320 de 2009, en un lapso de 6 años, correspondiente a aproximadamente el 25% del periodo de diseño.

3.8.4 Altitud

Según el PBOT (2000) vigente, el casco urbano de La Jagua de Ibirico está ubicado en la cota 150 msnm.

3.8.5 Dotación neta máxima

De acuerdo con el grado de complejidad del casco urbano del municipio y la Resolución 2320 del 27 de Noviembre de 2009, emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el clima del casco urbano, se establece que la dotación neta máxima es de 135 L/hab•día.

3.8.6 Dotación Bruta

De acuerdo con la Resolución 2320 del 27 de Noviembre de 2009, emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la dotación bruta al final del período de diseño es de 180 L/hab-día.

3.8.7 Caudal medio diario- Uso Doméstico

El caudal medio diario, Q_{md}, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{P.dbruta}{86400}$$

3.8.8 Caudal Medio Diario- Uso Comercial e Institucional

Con el objetivo de establecer el porcentaje adicional en la demanda de agua, correspondiente a las demandas de tipo comercial e institucional, se realizó un estudio de la distribución del uso del suelo en la cabecera municipal a partir de la información de los planos del PBOT del municipio (2000), actualizada con reconocimientos directos (2013). A continuación se muestran los resultados:

Tabla 17.

Distribución porcentual del uso del suelo en la cabecera municipal

Usos de suelo	Área (ha)	Porcentaje
Comercial	23.18	7.7%
Institucional y de servicios residencial	61.42 216.0	20.4% 71.8%
TOTAL	300.60	100%

Fuente: PBOT de La Jagua de Ibirico

3.8.9 Coeficiente de consumo máximo diario (k1)

El coeficiente de consumo máximo diario, k1, se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año. En caso de sistemas nuevos, el coeficiente de consumo máximo diario, k1, depende del nivel de complejidad del sistema como se establece en el siguiente cuadro.

Tabla 18.

Coefficiente de consumo máximo diario – k1

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente de consumo máximo diario –k1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

Fuente: RAS 2000

Dado que el nivel de complejidad del sistema es Medio Alto y que no se cuenta con registros de los consumos diarios, se adopta un coeficiente k1 de 1.20.

3.8.10 Coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario (k2)

El coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k2, puede calcularse, para el caso de ampliaciones de sistema de acueducto, como la relación entre el caudal máximo horario, QMH, y el caudal máximo diario, QMD, registrados durante un período mínimo de un año, sin incluir los días en que ocurran fallas relevantes en el servicio.

En el caso de sistemas de acueductos, el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k2, es función del nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución, según se establece en el siguiente cuadro.

Tabla 19.

Coefficiente de consumo máximo horario - k2

Nivel de complejidad del sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.60	-	-
Medio	1.60	1.50	-
Medio alto	1.50	1.45	1.40
Alto	1.50	1.45	1.40

Fuente: RAS 2000

Dado que el nivel de complejidad del sistema es Medio Alto, se adopta un coeficiente k2 de 1.50.

3.8.11 Caudal máximo diario

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1. El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{MD} = Q_{mdTOTAL} \cdot k_1$$

Caudal máximo horario. El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k2, según la siguiente ecuación:

$$Q_{MH}=Q_{MD}.k_2$$

La siguiente figura y la Tabla 20 presentan la proyección de caudales y la demanda de agua del casco urbano del municipio según los criterios expresados anteriormente.

3.8.12 Proyección de la demanda de agua

A continuación se presentan las estimaciones del caudal de diseño realizadas:

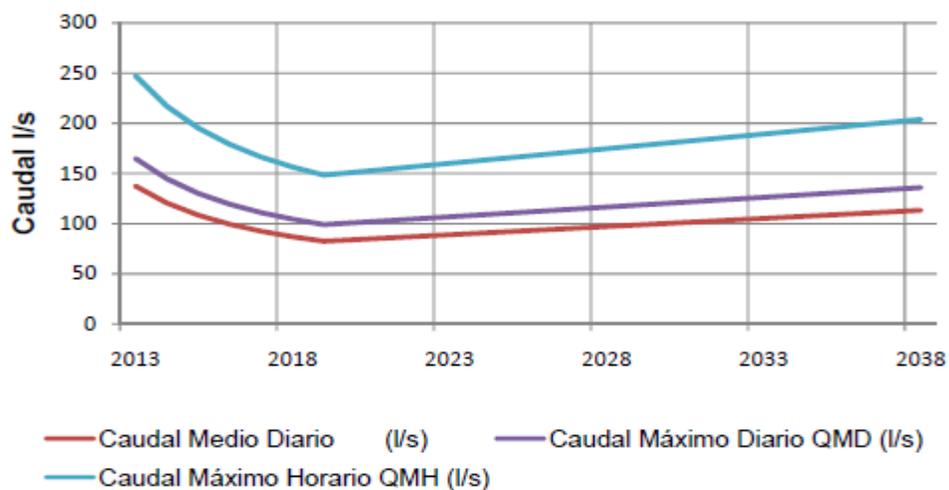


Figura 15. Proyección de la demanda de agua. Casco Urbano.

Fuente: PBOT La Jagua de Ibirico

Tabla 20.

Demanda de Agua Casco Urbano

Años	Población Proyectada (hab)	Dotación neta Máxima (l/hab día)	perdidas	Dotación Bruta – dbruta (l/hab día)	Caudal Medio Diario- Uso Doméstico (l/s)	Caudal medio diario- uso comerc ial (l/s)	Caudal Medio Diario uso institucio nal (l/s)	Caudal Medio Diario Total (l/s)	Caudal Máximo Diario QMD (l/s)	Caudal Máximo Horari o QMH (l/s)
2013	26.752	135	65%	389.2	120.5	11.6	3.6	135.7	162.8	244.3
2014	27.349	135	59%	326.0	103.2	11.6	3.1	118.1	141.8	212.7
2015	27.947	135	52%	280.5	90.7	12.1	2.7	105.6	126.7	190.0
2016	28.545	135	45%	246.2	81.3	12.4	2.4	96.1	115.4	173.0
2017	29.142	135	38%	219.3	74.0	12.6	2.2	88.8	106.6	159.0
2018	29.739	135	32%	197.7	68.1	12.9	2.0	83.0	99.6	149.4
2019	30.336	135	25%	180	63.2	13.1	1.9	78.2	93.9	140.8
2020	30.933	135	25%	180	64.4	13.4	1.9	79.8	95.7	143.6
2021	31.531	135	25%	180	65.7	13.7	2.0	81.3	97.6	146.4
2022	32.129	135	25%	180	66.9	13.9	2.0	82.9	99.4	149.2
2023	32.726	135	25%	180	68.2	14.2	2.0	84.4	101.3	151.9
2024	33.324	135	25%	180	69.4	14.4	2.1	85.9	103.1	154.7
2025	33.921	135	25%	180	70.7	14.7	2.1	87.5	105.0	157.5
2026	34.518	135	25%	180	71.9	15.0	2.2	89.0	106.8	160.2
2027	35.115	135	25%	180	73.2	15.2	2.2	90.6	108.7	163.0
2028	35.713	135	25%	180	74.4	15.5	2.2	92.1	110.5	165.8
2029	36.311	135	25%	180	75.6	15.7	2.3	93.6	112.4	168.6
2030	36.908	135	25%	180	76.9	16.0	2.3	95.2	114.2	171.3
2031	37.506	135	25%	180	78.1	16.2	2.3	96.7	116.1	174.1
2032	38.103	135	25%	180	79.4	16.5	2.4	98.3	117.9	176.9
2033	38.700	135	25%	180	80.6	16.8	2.4	99.8	119.8	179.7
2034	39.297	135	25%	180	81.9	17.0	2.5	101.4	121.6	182.4
2035	39.896	135	25%	180	83.1	17.3	2.5	102.9	123.5	185.2
2036	40.493	135	25%	180	84.4	17.5	2.5	104.4	125.3	188.0
2037	41.090	135	25%	180	85.6	17.8	2.6	106.0	127.2	190.8
2038	41.688	135	25%	180	86.6	18.1	2.6	107.5	129.0	193.5

Fuente: PBOT La Jagua de Ibirico

Después de estimar la proyección de población residente para los próximos 25 años, hasta el 2038, se realizaron los siguientes cálculos para obtener los caudales de diseño de las distintas estructuras que componen los sistemas de acueducto.

3.9 Caudales de Diseño- Sistema de Acueducto

3.9.1 Caudal Medio Diario Qmd

3.9.1.1 Caudal Medio Diario - Uso doméstico

Corresponde al promedio de los consumos diarios en un periodo de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{P.dbruta}{86400}$$

Esta expresión permite determinar el caudal medio o demanda de agua de tipo doméstico o residencial, según se definió anteriormente.

3.9.1.2 Caudal Medio Diario- Uso comercial e institucional

Con el objetivo de establecer el porcentaje adicional en la demanda de agua, correspondiente a las demandas de tipo comercial e institucional, se realizó un estudio de la distribución del uso del suelo en la cabecera municipal a partir de la información de los planos del PBOT del municipio (2000). Los resultados se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 21.

Distribución porcentual del uso del suelo en la cabecera municipal

Usos de Suelo	Area (ha)	Porcentaje
Comercial	23.18	7.7%
Institucional y de servicios	61.42	20.4%
Residencial	216.0	71.8%
TOTAL	300.60	100%

Fuente: PBOT La Jagua de Ibirico

El área comercial que se presenta en la Tabla 21, no discrimina entre zonas netamente comerciales, o zonas mixtas, donde los establecimientos comerciales funcionan en la parte inferior o frontal de la vivienda. De acuerdo a observaciones realizadas directamente en el terreno, se estima que aproximadamente el 50% de las áreas que entran dentro de las clasificación comercial corresponde a zonas donde predomina este tipo de establecimiento, por lo tanto, se asume que el consumo domiciliario residencial cubre la necesidad del predio.

Para efectos del cálculo, la dotación adicional de agua por cuenta del uso comercial del suelo se estimará con base en un coeficiente de aporte de 0.4 l/s-ha sobre el 50% del área comercial indicada en la Tabla 22. Se considera que el 50% de los predios comerciales requieren de una dotación adicional de agua destinada a labores de limpieza, consumo, uso sanitario, entre otros. El coeficiente de aporte se ha seleccionado usando los criterios del RAS 2000 para alcantarillado, dado que no se cuenta con ninguna otra referencia confiable.

En cuanto a la dotación adicional por el uso institucional del suelo, se ha determinado que la mayor parte corresponde a establecimientos educativos, cuyo consumo puede considerarse que es completamente asimilado por la dotación residencial. El resto de establecimientos institucionales corresponde a hoteles, el hospital Jorge I. Rincón Torres, un matadero, las sedes del Ejército, los bomberos y la cruz roja, el Mercado Nuevo y El Sena- Ingeominas. Por lo tanto, el consumo de agua para uso institucional será calculado como un 3% del consumo medio diario (Dotación Neta Máxima) de acuerdo con lo que recomienda el RAS 2000 para consumos de uso público.

Sin embargo, es necesario precisar que el área reportada en la Tabla 21 para uso institucional y de servicios comprende, además de estos usos, un alto porcentaje de uso residencial, del orden del 70%. Esta observación no tiene efecto sobre el cálculo de los caudales del sistema de acueducto, en virtud de lo expresado en el párrafo anterior; pero se tendrá en cuenta para las evaluaciones de caudales de aguas residuales.

Para efectos del diseño, el área correspondiente a usos comercial, e institucional y de servicios se proyectará usando la misma tasa de crecimiento de la población residencial.

3.9.1.3 Caudal Medio Diario Total

Corresponde a la suma entre el Caudal Medio Diario destinado a uso doméstico y el Caudal Medio Diario para uso comercial e institucional.

3.9.1.4 Coeficiente de consumo máximo diario k1

El coeficiente k1 que corresponde al nivel de complejidad Medio Alto es de 1.20 (RAS 2000).

3.9.1.5 Coeficiente de consumo máximo horario k2

El coeficiente de consumo máximo horario correspondiente al nivel de complejidad Medio Alto y a una red menor de distribución es 1.5 (RAS 2000).

3.9.1.6 Caudal Máximo Diario QMD

Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un año. Se calcula usando la siguiente ecuación:

$$QMD = Qmd_{total} * k1$$

3.9.1.7 Caudal Máximo Horario QMH

Consumo Máximo registrado durante una hora en un periodo de un año, sin tener en cuenta el caudal de incendio.

$$QMH = QMD * K2$$

3.9.1.8 Demanda de Agua Total

Corresponde a la suma del Caudal Medio Diario residencial y el Caudal Medio Diario de Uso comercial e institucional, calculados en los numerales 3.10.1.1 y 3.10.1.2, respectivamente.

La Figura siguiente muestra la proyección de caudales de diseño para el consumo del casco urbano municipal, mientras que la Tabla 22 presenta la proyección los caudales de diseño para las distintas estructuras del sistema de acueducto, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y la evolución del ajuste de pérdidas según la normatividad.

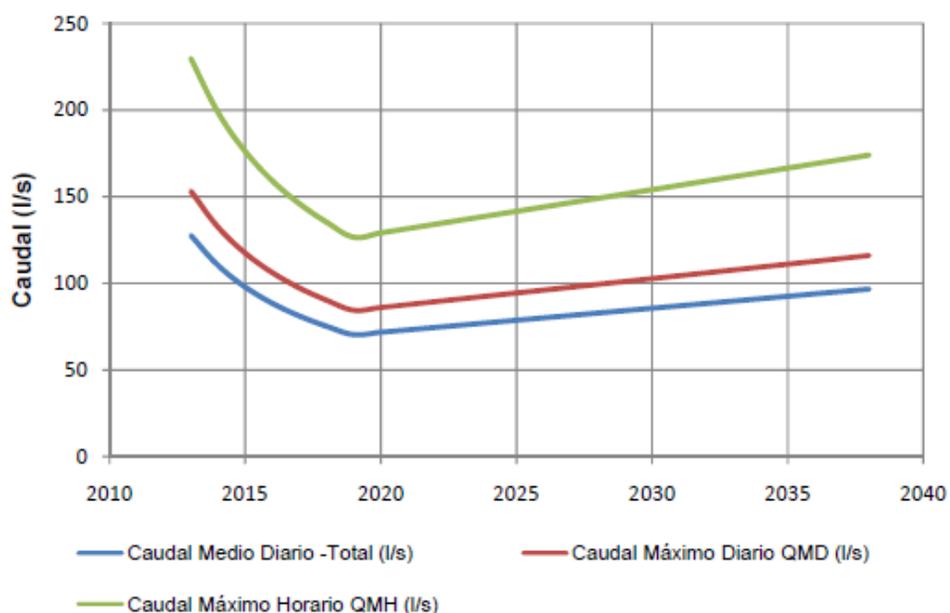


Figura 16. Caudales de diseño

Fuente: PBOT La Jagua de Ibirico

Tabla 22.

Caudales para el diseño de las estructuras del sistema de acueducto

Años	Población Proyectada (hab)	Población Proyectada (hab)	Dotación Máxima (l/hab día)	perdidas	Dotación Bruta – dbruta (l/hab día)	Caudal Medio Diario- Uso Doméstico (l/s)	Caudal medio uso comercial (l/s)	Caudal Medio uso institucional (l/s)	Caudal Medio Diario Total (l/s)	Caudal Máximo Diario QMD (l/s)	Caudal Máximo Horario QMH (l/s)
2013	26761.6	26752	135	65%	386	119.4	4.6	3.6	127.6	153.2	229.8
2014	27348.8	27349	135	56%	324	102.6	4.7	3.1	110.4	132.4	198.7
2015	27947.3	27947	135	52%	279	90.3	4.8	2.7	97.9	117.5	176.2
2016	28544.6	28545	135	45%	245	81.1	4.9	2.4	88.5	106.2	159.3
2017	29141.8	29142	135	38%	219	73.8	5.1	2.2	81.1	97.3	146.0
2018	29739.0	29739	135	32%	198	68.0	5.2	2.0	75.2	90.2	135.3
2019	30336.3	30336	135	25%	180	63.2	5.3	1.9	70.4	84.4	126.6
2020	30933.5	30933	135	25%	180	64.4	5.4	1.9	71.7	86.1	129.1
2021	31530.7	31531	135	25%	180	65.7	5.5	2.0	73.1	87.7	131.6
2022	32129.3	32129	135	25%	180	66.9	5.6	2.0	74.5	89.4	134.1
2023	32726.5	32726	135	25%	180	68.2	5.7	2.0	75.9	91.1	136.6
2024	33323.7	33324	135	25%	180	69.4	5.8	2.1	77.3	92.7	139.1
2025	33921.0	33921	135	25%	180	70.7	5.9	2.1	78.7	94.4	141.6
2026	34518.2	34518	135	25%	180	71.9	6.0	2.2	80.1	96.1	144.1
2027	35115.4	35115	135	25%	180	73.2	6.1	2.2	81.4	97.7	146.6
2028	35712.6	35713	135	25%	180	74.4	6.2	2.2	82.8	99.4	149.1
2029	36311.2	36311	135	25%	180	75.6	6.3	2.3	84.2	101.1	151.6
2030	36908.4	36908	135	25%	180	76.9	6.4	2.3	85.6	102.7	154.1
2031	37505.6	37506	135	25%	180	78.1	6.5	2.3	87.0	104.4	156.6
2032	38102.9	38103	135	25%	180	79.4	6.6	2.4	88.4	106.0	159.1
2033	38700.1	38700	135	25%	180	80.6	6.7	2.4	89.8	107.7	161.6
2034	39297.3	39297	135	25%	180	81.9	6.8	2.5	91.1	109.4	164.0
2035	38895.9	39896	135	25%	180	83.1	6.9	2.5	92.5	111.0	166.5
2036	40493.1	40493	135	25%	180	84.4	7.0	2.5	93.9	112.7	169.0
2037	41090.3	41090	135	25%	180	85.6	7.1	2.6	95.3	114.4	171.5
2038	41090.3	41688	135	25%	180	86.9	7.2	2.6	96.7	116.0	174.0

Fuente: PBOT La Jagua de Ibirico

3.10 Caudales de Diseño Estructuras del Sistema de Acueducto

La Tabla 23 y la Tabla 24 resumen los criterios adoptados y los caudales de diseño obtenidos para las estructuras que componen el sistema de Acueducto, de acuerdo con lo establecido en los Títulos A, B y C del RAS 2000. Se registran los caudales de diseño obtenidos para todos los años de la proyección.

Tabla 23.

Caudales de diseño RAS 2000- Diseño Estructuras- Sistema de Acueducto

No	Estructura	Caudal	Perdidas	Caudal diseño	Numeral RAS 2000
1	Redes	QMH		Curva consumo	
2	Conducción	QMD		QMD	B.2.5.3 Y B.2.5.4 Y B.6.4.2
3	PTAP	QMD	5% qmd	QMD+(5%)qmd	B.2.5.2 Y B.6.4.2
4	Aducción	QMD	5% qmd	QMD+(5%+5%)qmd	B.2.5.1Y B.6.4.2
5	Bocatoma	QMD		2QMD	A.11.1.4

Fuente: PBOT La Jagua de Ibirico

Tabla 24.

Caudales de diseño- Sistema de Acueducto- Municipio de La Jagua de Ibirico

No	Estructura	Q diseño (2013)	Q diseño (2019)	Q diseño (2038)
1	Redes	F(qmd)	F(qmd)	F(qmd)
2	Conducción	153.2	84.4	116.0
3	PTAP	159.6	87.9	120.8
4	Aducción	165.9	91.5	125.7
5	Bocatoma	306.4	168.8	232.0

Fuente: PBOT La Jagua de Ibirico

3.11 Estudio Hidrológico

La amplia red de cuencas y subcuencas que bañan el municipio hacen parte de la gran cuenca del río Cesar. La Figura 17 ilustra la distribución hidrográfica de la región.

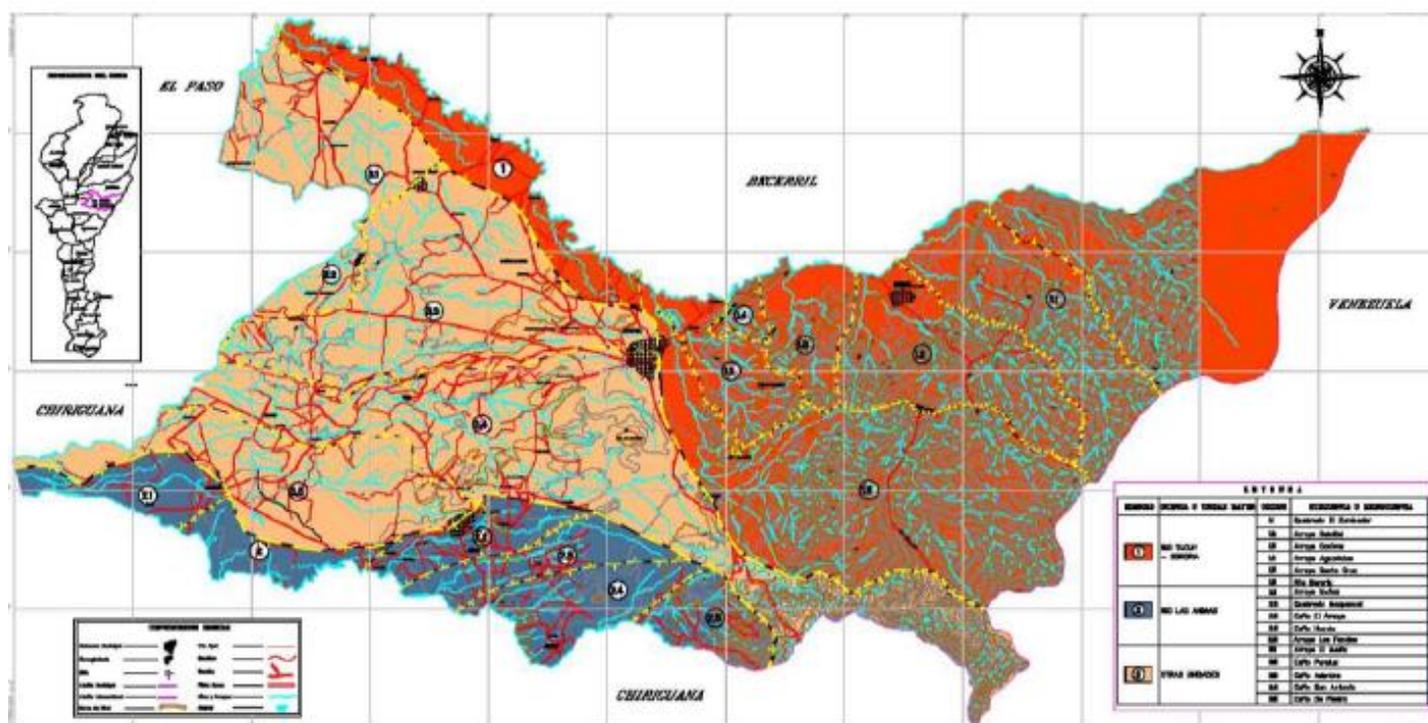


Figura 17. Cuencas hidrográficas Municipio La Jagua

Fuente: (PBOT 2000)

3.11.1 Subcuenca del Río Tucuy

Con 38.896 hectáreas de extensión, es la subcuenca más representativa. Nace en los límites con Venezuela y recorre una distancia aproximada de 45 km. El 30% de su área está constituida por terreno montañoso, donde la altura varía entre 2500 y 70 msnm. Está conformada por las microcuencas del río Tucuy, el río Sororia, el arroyo Zumbador, el arroyo Salatiel, la quebrada Ojinegro y el arroyo Santacruz.

Dada la variedad orográfica y climática de la región que ocupa la subcuenca del río Tucuy, los terrenos son aptos para la producción agrícola; sin embargo, la disminución de precipitaciones y la acción del viento producen un déficit hídrico bastante extremo en la parte baja de la subcuenca, durante ocho meses del año, que constituye un factor limitante de la producción agrícola de la zona

Los cuerpos de agua en la cuenca representan un ecosistema vital para todas las poblaciones que se asientan en sus estribaciones. La caracterización físico-química del río Tucuy indica una calidad aceptable aguas arriba, con alguna presencia de sulfatos. Aguas abajo y después de recibir las descargas provenientes de la actividad minera y de algunas poblaciones rivereñas, la calidad del agua disminuye y se ubica en el diagrama de potabilidad como ligeramente impotable y contaminada (PBOT, 2000).

A continuación se listan los cuerpos de agua que conforman la Subcuenca del río Tucuy:

- Arroyo Zumbador: Nace en las estribaciones de la serranía del Perijá, por encima de los 2000 msnm. En su recorrido abastece el acueducto del corregimiento de la Victoria de San Isidro, dado que presenta un flujo de agua permanente. En su recorrido de 25 km se abastece de las quebradas La Europa, Somınca y Caudaloso, entre otras.
- Río Sororia: Nace a 249 msnm y recorre 31.50 km, en dirección sureste a noreste. Tiene un área de 12.572 ha y abastece el acueducto de la cabecera municipal de La Jagua de Ibirico, antes de desembocar en el río Tucuy.

Las variaciones del cauce y la baja calidad del agua (Turbidez), obliga al acueducto de La Jagua de Ibirico a suspender o disminuir su actividad con frecuencia.

- Arroyo San Antonio: Tiene una longitud aproximada de 42 Km, en dirección Noreste-Sudoeste. Recibe el agua del arroyo Sorisori, en la parte alta y del caño Salsipuedes, en la parte baja (PBOT, 2000).
- Cuerpos de Agua: Los pequeños cuerpos de agua regulan y equilibran los excesos de agua de los ríos; además, son nichos ecológicos, refugio de fauna y flora terrestre y acuática.

3.11.2 Climatología

Las condiciones climáticas en el municipio de La Jagua de Ibirico son determinadas principalmente por la distribución orográfica de la región, donde la Serranía del Perijá detiene el movimiento de las nubes que provienen del occidente y permite las condiciones lluviosas del área municipal, ubicada en la depresión contigua a la nombrada formación montañosa. Por el contrario, las zonas planas del río Tucuy y San Antonio presentan características propias de climas secos, con marcados periodos entre una época y otra. Las temperaturas en el municipio son bastante uniformes a lo largo del año, cercanas a 30 C.

3.11.3 Localización de estaciones Hidrometeorológicas

Con el objetivo de entender la dinámica climática en el municipio de La Jagua de Ibirico, se estudiaron los reportes provenientes de las siguientes estaciones del IDEAM.

Tabla 25.

Resumen de estaciones hidroclimatológicas.

Estación Código	Estación Nombre	Clas e	Subcuenca	Coordenadas		Altitud msnm
				Nort e	Este	
2802508	Socomba	CP	Con el zorro	9°43'	73°15'	170
2502023	La Jagua	PM	Ay jobito	9°35'	73°17'	170
2502069	Poponte	PM	Q la mula	9°25'	73°20'	500
2502028	La Loma	PM	Ay paraluz	9°37'	73°36'	30
2802704	Sta. Teresa	LM	Sicare	9°47'	73°18'	80
2802508	Socomba	CP	Con el zorro	9°43'	73°15'	170
2502023	La Jagua	PM	Ay jobito	9°35'	73°17'	170
2502069	Poponte	PM	Q la mula	9°25'	73°20'	500
2502028	La Loma	PM	Ay paraluz	9°37'	73°36'	30
2802704	Sta. Teresa	LM	Sicare	9°47'	73°18'	80

Fuente: IDEAM, 2013

Para la caracterización de las condiciones climatológicas en el área, se utilizó la información de las estaciones Socomba y La Jagua.

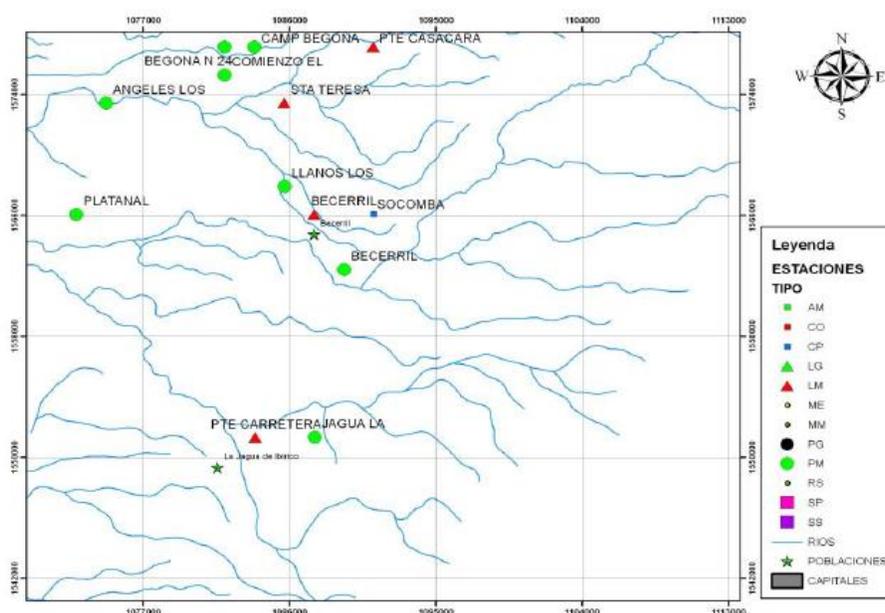


Figura 18. Localización General de las estaciones hidroclimatológicas

Fuente: (PBOT 2000)

3.11.4 Precipitaciones medias

La precipitación de la zona presenta un régimen bimodal con lluvias desde abril a junio y de agosto a noviembre. Mayo y Octubre son los meses de mayor precipitación con un promedio de 320.6 mm; mientras que Enero es el mes más seco. De acuerdo con la información proveniente de la estación Socomba, ubicada en la parte plana del municipio, la precipitación media anual es de 1656.9 mm y la precipitación máxima es de 2811 mm. Por su parte en la estación La Jagua la precipitación media anual es 1958 mm.

A continuación se presentan los valores totales mensuales de precipitación en las estaciones La Jagua y Socomba.

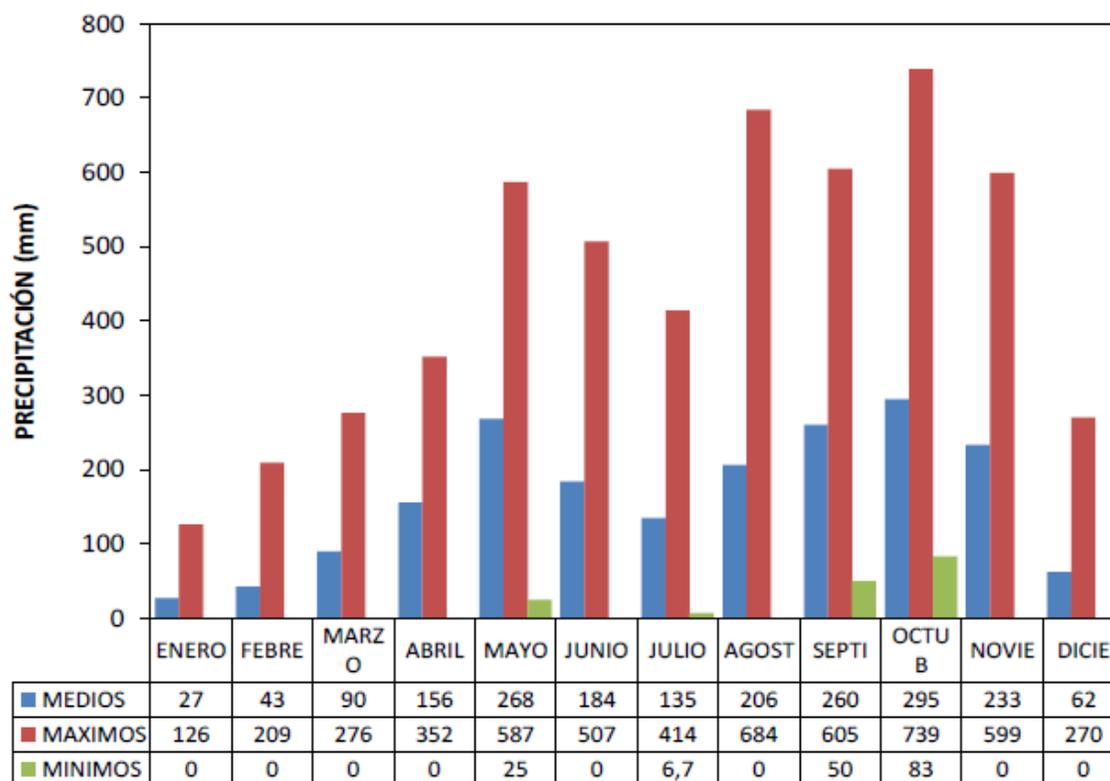


Figura 19. Valores totales mensuales de precipitación Estación La Jagua

Fuente: (PBOT 2000)

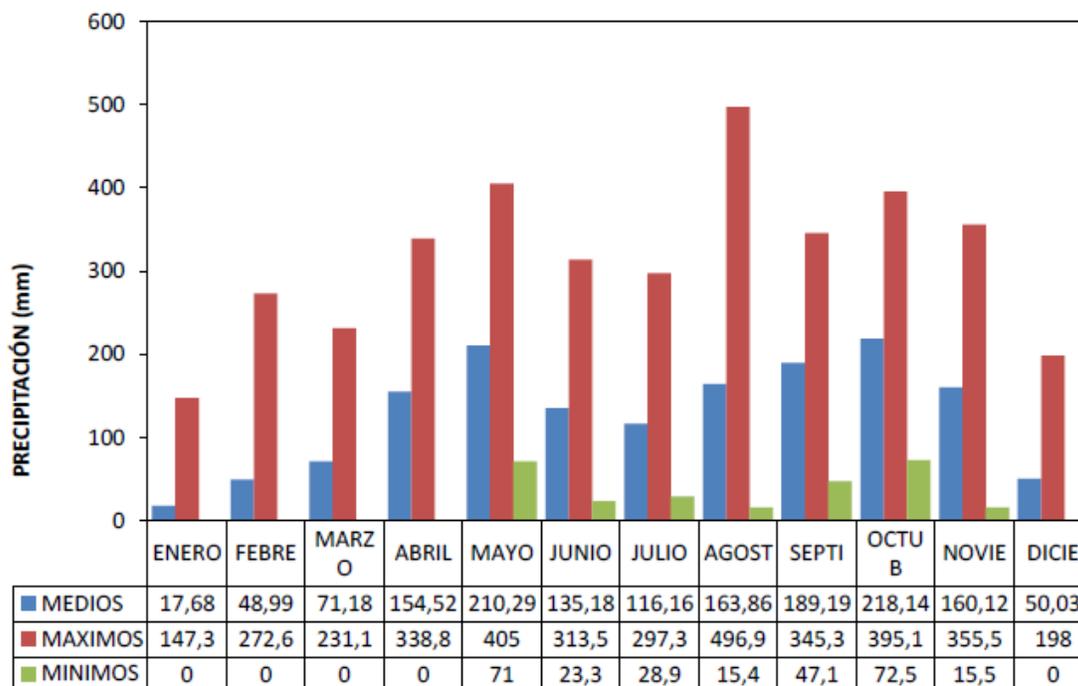


Figura 20. Valores totales mensuales de precipitación Estación Socomba

Fuente: (PBOT 2000)

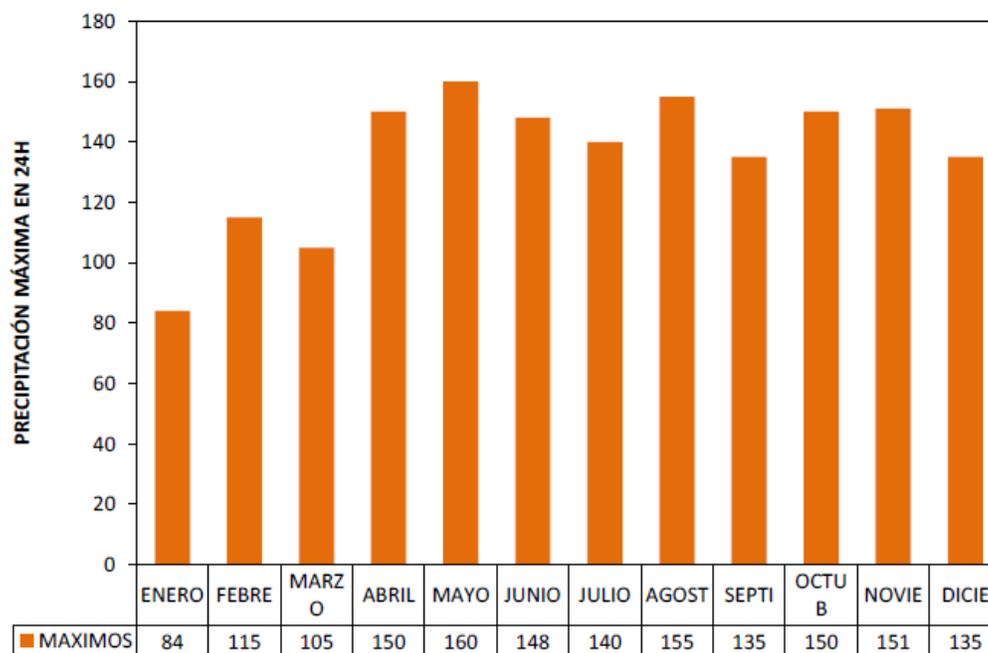


Figura 21. Precipitaciones máximas en 24 horas- Estación La Jagua.

Fuente: (PBOT 2000)

Tabla 26.

Análisis De Frecuencia De Lluvia Máxima En 24 Horas.

Periodo de retorno (años)	Precipitación (mm)
100.0	204.24
50.0	187.59
25.0	170.82
10.0	148.21
5.0	130.32
3.0	116.11

Fuente: (PBOT 2000)

3.11.5 Número de días con lluvia

El promedio de días con lluvia anual es de 87 días; con máximos en los meses de marzo a junio, y de agosto a noviembre.

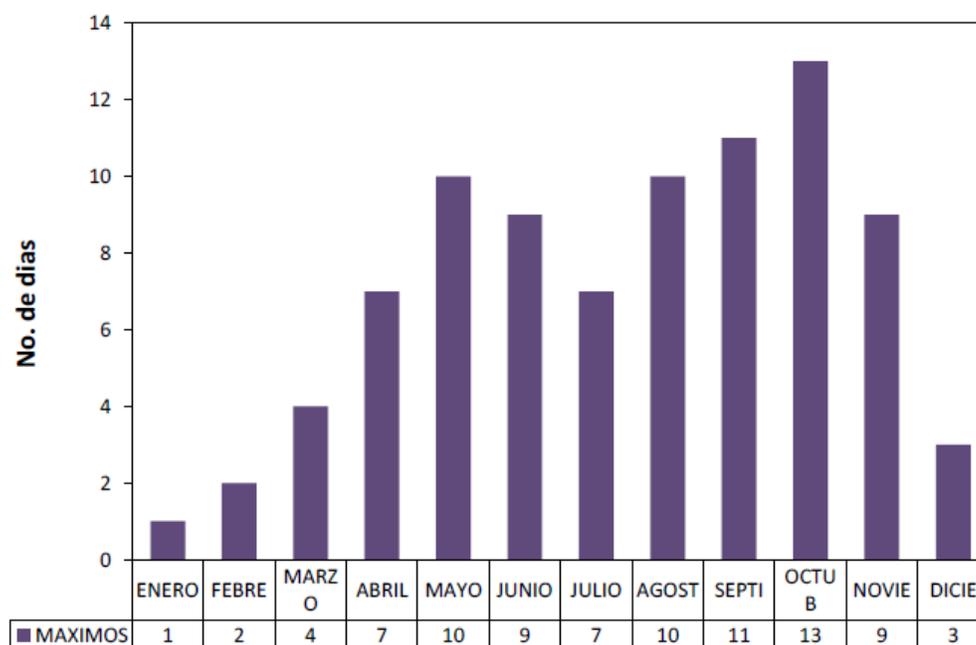


Figura 22. Número de días con lluvia- Estación La Jagua.

Fuente: (PBOT 2000)

3.12 Análisis Hidrométrico de la Microcuenca Abastecedora

A partir de la información hidroclimatológica se realizará un estimativo de los caudales medios mensuales para el río Sororia. Los caudales medios y mínimos se obtendrán a partir de la regionalización de datos de caudal de una cuenca cercana al área de estudio; mientras que el caudal máximo, a partir de la aplicación de un modelo lluvia escorrentía. Los resultados obtenidos serán verificados a partir de un balance hídrico que correlaciona los datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración.

Se presenta en primera instancia las metodologías utilizadas para la obtención de los caudales medios, mínimos y máximos y a continuación los resultados conseguidos con su aplicación.

3.12.1 Balance hídrico

El balance hídrico se realizó comparando mensualmente la ETP y la precipitación neta, encontrando inicialmente un sobrante o un déficit. Posterior a ello, se introduce en el cálculo, el análisis de las temporadas de escasez en las cuales puede existir un déficit y las temporadas de alta oferta hídrica en las cuales hay recarga.

Cuando escasea el agua en el suelo, la evapotranspiración real (ETR) es inferior a la potencial existiendo escasez o falta de agua. Lo contrario, es decir, cuando hay abundancia de agua en el suelo, permiten la ocurrencia de la infiltración y por ende la recarga de los acuíferos.

En términos generales, en un balance hídrico se debe cumplir que las entradas de flujo (I) menos las salidas (O), son el equivalente al almacenamiento en la zona de estudio, es decir:

$$I-O= \Delta S$$

Es importante resaltar que la recarga obtenida mediante los balances hídricos es la cantidad potencial del agua que pudiera ingresar a los acuíferos mediante la infiltración.

Los datos de evapotranspiración son estimados a partir de los datos de temperatura con la ecuación de Thornthwaite, donde la evapotranspiración potencial se define a partir de la siguiente ecuación:

$$Ej: 1.6. \left(\frac{10Tj}{I} \right)^a$$

Ej : Evapotranspiración Potencial Mensual del mes j, no ajustada.

Tj : Temperatura media mensual del mes j (en °C)

I : Índice de calor que se define a partir de la siguiente expresión:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{Tj}{5} \right)^{1.514}$$

$$a = 0.675 \times 10^{-6} I^3 - 0.771 \times 10^{-4} I^2 + 1.792 \times 10^{-2} I + 0.49$$

Los valores de Ej deben ser ajustados a la longitud del día y al número de días en el mes.

3.12.2 Metodología para la estimación de caudales medios

Para hacer los estimativos de caudales medios sobre el Río Sororia, se emplearán los datos de la estación Becerril, localizada sobre el río Maracas. La estación cuenta con un extenso registro de caudales desde al año 1965 hasta la actualidad.

El método de regionalización de caudales considera que en una región que presenta condiciones hidrológicas homogéneas, los caudales guardan una proporción similar con el área de la cuenca y la precipitación media anual:

$$\frac{Q1}{P1A1} = \frac{Q2}{P2A2}$$

Q: Caudal en m³/s

P: Precipitación en mm

A: Área en Km²

Por lo tanto, si en una cuenca cercana a la zona de estudio se tiene una estación de medición de caudales, el caudal medio anual se pueden correlacionar con la precipitación y el área de la cuenca, y su relación será proporcional y equiparable para las cuencas cercanas con características similares.

3.12.3 Metodología para la estimación de caudales mínimos

Los caudales mínimos se estimarán a partir de las relaciones existentes entre el caudal medio, de una determinada cuenca instrumentada, con el Q95 obtenido de la curva de duración de caudales medios de dicha cuenca.

Para una cuenca sin instrumentación, el caudal mínimo será igual:

$$(Q_{\min})_{cs} = \frac{(Q_{\min})_{ci}}{(Q_{med})_{ci} * (Q_{med})_{cs}}$$

(Qmin)cs: Caudal mínimo en la cuenca sin monitoreo de caudal.

(Qmed)cs: Caudal medio en la cuenca sin monitoreo de caudal.

(Qmin)ci: Caudal mínimo en la cuenca con monitoreo de caudal.

(Qmed)ci: Caudal medio en la cuenca con monitoreo de caudal.

3.12.4 Metodología para la estimación de caudales máximos

En este documento se aplica la Metodología del U.S. Soil Conservation Service conocido como Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), el cual estima la esorrentía producida por una tormenta en una cuenca, con base en la relación que existe entre humedad antecedente del terreno y el complejo suelo - cobertura vegetal, cuyo procedimiento se presenta a continuación.

Este modelo ha sido diseñado para simular la esorrentía superficial en respuesta a un evento de precipitación como un sistema interconectado de componentes hidrológicas e hidráulicas. Cada componente se modela como un aspecto del proceso precipitación - esorrentía dentro de una porción de la hoya hidrográfica, comúnmente referida como una subcuenca. Un componente puede representar una entidad de esorrentía superficial, un canal de una corriente, o un embalse. La representación de una componente requiere de un conjunto de parámetros que especifican las características particulares de tal componente y las relaciones matemáticas que describen los procesos físicos que ocurren y la involucran. El resultado del proceso de modelación es la determinación de los hidrogramas de creciente en puntos determinados de la cuenca hidrográfica.

En el presente estudio, se analiza el comportamiento de la transformación lluvia escorrentía aplicando la metodología propuesta por el SCS, la cual se basa en la siguiente relación fundamental:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{Pe}$$

F: Infiltración real.

S: Infiltración potencial.

Q: Escorrentía real.

Pe: Escorrentía potencial o exceso de precipitación.

Esta relación tiene validez a partir del momento en que se inicia la escorrentía. Toda la precipitación ocurrida antes del comienzo de la escorrentía se considera como pérdida (intercepción, no contribuye al flujo superficial).

3.13 Sistemas de Captación y Pretratamiento

El sistema de acueducto del casco urbano del municipio de la Jagua de Ibirico se abastece del agua tomada del río Sororia, que es una fuente confiable, con un caudal mínimo con el 95% de probabilidad de excedencia de acuerdo con los análisis hidrológicos.

El sistema de captación y pretratamiento está conformado por la bocatoma, un tramo de aducción y tres desarenadores, seguidos de otro tramo de aducción hasta llegar las plantas de

tratamiento de agua potable, localizados en inmediaciones del mencionado río, unos 6 km aguas arriba del casco. A continuación se presenta la descripción, diagnóstico y formulación de alternativas de solución para la optimización de tales elementos.

3.13.1 Descripción de los Componentes del Sistema de Captación

3.13.1.1 Fuente de abastecimiento

El sistema de acueducto del Municipio se abastece del río Sororía, el cual nace a una altura de 250msnm, en la serranía del Perijá. Su cauce discurre de oriente a occidente, y desemboca en el río Tucuy, con un área de drenaje hasta ese punto de 12.400 Ha.

Este cauce surte el acueducto de La Jagua de Ibirico, en las coordenadas:

$$X = 1'085.101,9 \text{ m}$$

$$Y = 1'544.013,6 \text{ m}$$

Hasta dicho punto, la cuenca presenta un área de drenaje de 9324 Ha, con una pendiente promedio de 15.5%.

3.13.1.2 Calidad

Se realizó un muestreo con el fin de determinar la calidad fisicoquímica del agua de la fuente. La Tabla 27 y la Tabla 28 contienen los resultados obtenidos y los valores estipulados por la norma.

Tabla 27.

Análisis fisicoquímico del agua- Rio Sororía- Aguas arriba del punto de captación

Análisis	Resolución 2115 del 2007	Resultado
pH(U de Ph)	6.5- 9.0	8.31
Alcalinidad mg/l	200	97.4
Dureza total mg/l	300	89.3
Cloruros mg/l	250	5.54
Turbiedad NTU	2	1.05
Nitratos mg/l	10	<2.2
Nitratos mg/l	0.1	<0.007
Sulfatos mg/l	250	10.0
Fosfatos mg/l	0.5	0.14
Hierro total mg/l	0.3	<0.005
Color aparente UPC	15	5.00
Fluoruro mg/l	1.0	<0.10
Caudal l/s	N.R	84

Fuente: (PBOT 2000)

Tabla 28.

Análisis microbiológico- Rio Sororia- Aguas arriba del punto de captación

Análisis	Resolución 2115 del 2007	Resultado
Coliformes totales UFC/100ml	0	*DNPSC
Escherichiacoli UFC/ 100ml	0	*DNPSC

Fuente: (PBOT 2000)

3.13.1.3 Disponibilidad de agua

La fuente tiene capacidad para abastecer el sistema de acueducto con la probabilidad del 95% suministrando un caudal mínimo de $0.273\text{m}^3/\text{s}$. El caudal de diseño del sistema captación al año 2038 es igual a $0.232\text{m}^3/\text{s}$ considerando las pérdidas en la planta de tratamiento y aducción.

3.13.1.4 Captación

La captación del agua se efectúa por medio de una bocatoma de tipo lateral y de fondo, construida en concreto sobre la margen derecha del río. La captación se encuentra anclada sobre una presa derivadora de concreto con la cresta en la cota 141.95msnm, ancho de 25.80 m entre las orillas y una longitud aproximada de 21m sobre el cauce del río.

La captación de fondo cuenta con una rejilla de 9.20 m de ancho y 0.75 m de longitud, con 182 barras de acero de 0.025 m separadas cada 0.025 m, cuya cota superior coincide con la cresta de la presa.

La captación lateral consta de tres ventanas u orificios con rejilla vertical en sendos módulos con una longitud total de 5.83 m y longitud útil de 5.40 m descontando el espacio de las columnas. Los módulos de rejilla cuentan con 26 platinas de 0.01 m de espesor y 0.05 m de longitud, separadas cada 0.05 m entre sí. La cota inferior de apoyo de las rejas es la 191.23 msnm, 0.22 m por debajo de la cresta del vertedero o la rejilla de fondo.

La captación lateral es colectada por un canal de fondo relativamente plano, estimada en 0.5% que coincide con el apoyo de las rejillas, transitando por una especie de canal interno hacia

la salida a los desarenadores. Por su parte, la captación de fondo llega a la misma caja de recolección por medio del canal de fondo, cuya cota llega por debajo del canal interno mencionado.

A continuación confluyen las aguas de las dos captaciones al nivel establecido por la captación de fondo, en esta cámara se encuentran dos compuertas para la regulación del vertimiento de excesos. Más abajo, se encuentra una compuerta que regula todo el caudal captado hacia los desarenadores y más abajo, se encuentra otra compuerta para regular el caudal hacia el desarenadores.

De la estructura de captación salen tres tuberías hacia los dos desarenadores que operan actualmente, en diámetros de 10 y 12 pulgadas hacia el desarenador No. 1 o antiguo y en otra en 18 pulgadas hacia el desarenador No. 2. En general la estructura tiene una forma irregular gracias a que ha sido ajustada para ampliar su capacidad con el fin de abastecer el desarenador N. 2.

3.13.1.5 Estado de la estructura

La estructura de la bocatoma actualmente se encuentra operativa captando adecuadamente el caudal que requiere el sistema de acueducto, sin embargo presenta varios inconvenientes desde el punto de vista estructural y de mantenimiento que requieren ser atendidos para optimizar su operación.

En el mismo sentido, la presa derivadora presenta erosión de la capa de concreto de la superficie de escurrimiento, golao azul que ha dejado expuesto el acero de refuerzo en algunas

zonas, de manera que requiere reparación por medio de la demolición y recalce de la capa superficial.

En el extremo aguas abajo de la presa existe una fosa de socavación del orden de 1.40 m que requiere su recalce por medio de una estructura que permita asumir la diferencia de nivel entre la cresta y el lecho y a la vez disipar la energía del flujo.



**Fotografía 1. Bocatoma sobre el Río Sororia,
Canal de Excesos.**



**Fotografía 2. Rejillas laterales y de fondo de la
Bocatoma**

Desde el punto de vista del mantenimiento de la estructura, la bocatoma requiere el ajuste, arreglo o cambio de las compuertas de control de excesos y de salida hacia los desarenadores. Igualmente, las rejillas de la captación lateral requieren mantenimiento para enderezar algunas de las platinas, dobladas en trabajos de mantenimiento e impactos del material de arrastre del río durante crecientes.

En cuanto al comportamiento del río, la captación tiene su superficie coincidiendo con el nivel del terreno de la zona, en donde se presenta con relativa regularidad el desbordamiento por crecientes de la corriente, con una frecuencia entre anual y bianual, lo que ha generado problemas en las orillas.

3.13.1.6 Criterios de análisis hidráulico

La capacidad hidráulica de la captación se estableció conjuntamente con el modelo hidráulico del flujo entre la captación y la entrega a las plantas de tratamiento, pasando por las aducciones y los desarenadores en operación.

3.13.1.7 Aducciones de la bocatoma a los desarenadores

De la bocatoma salen hacia el desarenador No. 1 dos tuberías de 10 y 12 pulgadas en PVC de 143 m de longitud aproximada. También sale otra tubería de 18 pulgadas HD hacia el desarenador No. 2. Estas tuberías pueden ser reguladas por medio de las tres compuertas existentes en la bocatoma.

La capacidad de las aducciones es de $0.427 \text{ m}^3/\text{s}$, de manera que hacia el desarenador No. 1 la capacidad es $0.258 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0.169 \text{ m}^3/\text{s}$ hacia el desarenador No. 2, con los que se obtiene el mismo nivel de agua en la bocatoma partiendo de los niveles establecidos en el desarenador.

3.13.1.8 Desarenadores

El sistema cuenta con tres desarenadores dos de ellos, los más grandes en operación mientras que el tercero y más antiguo se encuentra en desuso.

De los dos que funcionan, se denominará desarenador No. 1 al más antiguo y se denominará desarenador No. 2 al más nuevo.



Fotografía 3. Desarenador No. 1. Nótese el canal de excesos. Vista hacia aguas arriba.



Fotografía 4. Desarenador No. 2. Se aprecian compuertas de lavado y vertedero de salida.

El desarenador No. 1, de construcción antigua, solo tiene una cámara y se alimenta por medio de dos tuberías de diámetros de 10”y 12” en PVC provenientes de la bocatoma, con una estructura de excesos y pantalla disipadora a la entrada y pantalla y vertedero de salida, este desarenador tiene 4.25 metros de ancho, 17.9 metros de largo y una profundidad entre 1.3 y 1.9 metros. Las compuertas de control y desagüe de sedimentos se encuentran en mal estado, por lo tanto la limpieza se realiza manualmente mientras se suspende el servicio de la unidad.

El desarenador No. 2 entró en operación en enero de 2013, es alimentado a través de una tubería de hierro dúctil de 18” desde la bocatoma.

Cuando el agua entra al desarenador es derivada hacia los dos compartimentos que conforman el desarenador. Las dimensiones de este desarenador son 23.6 metros de largo, 5.25 metros de ancho y entre 2.75 y 3.2 metros de profundidad. El control de caudal a la entrada se hace por medio de compuertas con columna de manejo y vertedero de excesos. El fondo de la estructura cuenta con pendiente hacia el centro, en donde se ubica una compuerta de fondo para el retiro de los sedimentos, que son drenados por medio de una red de alcantarillado hacia el río Sororia. El control a la salida de cada compartimento se hace con un vertedero de pared gruesa que desemboca en un canal común para las dos secciones, desde el cual el agua es conducida al sistema de tratamiento a través de una tubería de 18". Esta estructura desarenadora se encuentra en buen estado y opera adecuadamente.



Fotografía 5. Sistema desarenador con dos módulos. Vista hacia abajo.



Fotografía 6. Control de salida de los desarenadores.

3.13.1.9 Criterios para el Cálculo de la Capacidad

El cálculo de la capacidad de los desarenadores se hizo teniendo en cuenta el reglamento RAS, Títulos A y B, según se resumen a continuación.

La partícula de diseño adoptada para el análisis fue de 0.20 mm de diámetro, la eficiencia mínima de remoción será del 75%.

Las velocidades de traslación deberán estar entre 0.20 m/s y 0.40 m/s y la tasa de carga de superficial deberá estar entre 700 y 1600 m³/ m²/día.

Finalmente, se verificará un tiempo de retención hidráulico de 20 minutos.

Para la evaluación del funcionamiento hidráulico se elaboró una hoja de cálculo que permite aplicar las variables de tamaño de la partícula, eficiencia y la geometría para determinar los parámetros anteriormente definidos.

En la hoja de cálculo, en primera instancia se corrige el diámetro de la partícula con un coeficiente de esfericidad típico. Posteriormente, se establece la velocidad de sedimentación en función de la viscosidad del fluido, el diámetro corregido y el número de Reynolds, que define si se aplica la Ley de Stokes para Reynolds menos a 1 y Ley de Newton para Reynolds mayor a 1, cuya velocidad calculada se corrige con el coeficiente de esfericidad definido.

Posteriormente, se determina la carga superficial mínima en función del caudal y la velocidad de sedimentación corregida, la cual se mayor por 1.4 para tener en cuenta la eficiencia requerida del 75%, según la literatura técnica, Water and Wastewater Engineering, Volume 1, Fair, Geyer Okun. Con una eficiencia del 90% el factor es de 2.35.

Definida la carga superficial se procede al dimensionamiento teórico y luego la verificación de la operación del sistema con las dimensiones de los desarenadores existentes descontando de la altura total la necesaria para el almacenamiento de sedimentos, estableciendo la velocidad máxima de traslación.

Por último con los cálculos realizados se comparan con los parámetros de referencia de la normatividad. Se encuentran las tablas de cálculo que contienen toda la formulación correspondiente.

3.13.1.10 Capacidad y estado de los desarenadores

El desarenador No. 1, de acuerdo con la evaluación anterior, tiene una capacidad para 90 l/s, restringida básicamente por el tiempo de retención de 20 minutos.

Por su parte con los otros criterios se encontró que la velocidad de traslación máxima para dicho caudal es de 0.016 m/s en tanto que la carga superficial alcanza solo 95 m³/ m²/día, lo que indica que la estructura cuenta con una holgura adicional para retener materiales de menor diámetro y obtener una mayor eficiencia de remoción a la planteada inicialmente.

El desarenador No. 2 tiene una capacidad de 340 l/s definida por el tiempo detención de 20 minutos.

La velocidad de traslación máxima obtenida fue de 0.018 m/s, mientras que la carga superficial obtenida fue de 128 m³/ m²/día.

Desde el punto de vista estructural los desarenadores se encuentran en buen estado, requiriendo en el desarenador No. 1 solo el ajuste o rehabilitación de las compuertas. En el caso del desarenador No. 2 se requiere construir un vertedero al final de cada uno de los dos tanques para evacuar los flotantes, que actualmente son retenidos y dan un aspecto oscuro a la superficie del agua.

Vale la pena recordar que la capacidad de la aducción que llega al desarenador No. 1 es de 258 l/s y de 169 l/s al desarenador No. 2, lo que muestra, respecto a la capacidad de los desarenadores de 90 l/s y 340 l/s, un desbalance y un dimensionamiento conservador, sin embargo, se concluye que cumplen ampliamente con el caudal de diseño para abastecer las plantas de tratamiento, que requieren aproximadamente 120 l/s al año 2038.

3.13.1.11 Aducciones de los desarenadores a las PTAP

El desarenador No. 1 salen dos tuberías de 8 y 12 pulgadas en PVC de 113 m de longitud aproximada. También sale otra tubería de 18 pulgadas HD hacia el desarenador No. 2. Estas tuberías pueden ser reguladas por medio de las dos compuertas existentes en la bocatoma.

La capacidad de las aducciones es de $0.255\text{m}^3/\text{s}$, de manera que desde el desarenador No. 1 la capacidad es $0.080\text{m}^3/\text{s}$ y $0.175\text{m}^3/\text{s}$ desde el desarenador No. 2, con los que se obtiene el mismo nivel de agua requerido a la entrada a las Plantas.

En la actualidad no existe un mecanismo de control y distribución eficiente para la entrega de las aguas a las PTAP, por ello se requiere su regularización, contemplando elementos de medición.

3.13.1.12 Cuenca del Río Sororia

Hidrográficamente se encuentra bañado por ríos, riachuelos y arroyos que se desprenden de las fuentes o manantiales que existen en la cordillera oriental y bajan irrigando las tierras planas, beneficiando el desarrollo de la agricultura. Actualmente, los ríos Sororia y Tucuy, principales caudales del municipio, enfrentan un alto riesgo de contaminación, debido a los residuos provenientes de la explotación carbonífera en el área cercana al municipio y al uso de sus aguas para cultivos industriales, que usan insumos tóxicos (PBOT, 2000).

Localmente y desde el punto de vista geomorfológico la cuenca del río Sororia, presenta dos aspectos relevantes, nace en la cuenca alta de la Serranía de Perijá caracterizada por altas pendientes y luego transcurre en un área de piedemonte y de llanura que se extiende hacia el oeste del municipio, caracterizada por un relieve más suave, conformado por colinas, abanicos y planicies aluviales.

En la siguiente figura, se indican los mayores procesos dinámicos que afectan el equilibrio y la estabilidad de la cuenca; son los procesos de minería que se desarrollan en la parte alta de la cuenca y que generan la contaminación del agua y sedimentación del cauce en las zonas de pendientes medias y bajas; igualmente se observan en las fotografías aéreas estudiadas, procesos de erosión y deforestación, que no solo afectan directamente el cauce, sino que causan

un desbalance en la capacidad hidrológica del río y sus afluentes, lo que directamente se verá reflejado a mediano y largo plazo en la disminución de caudales.

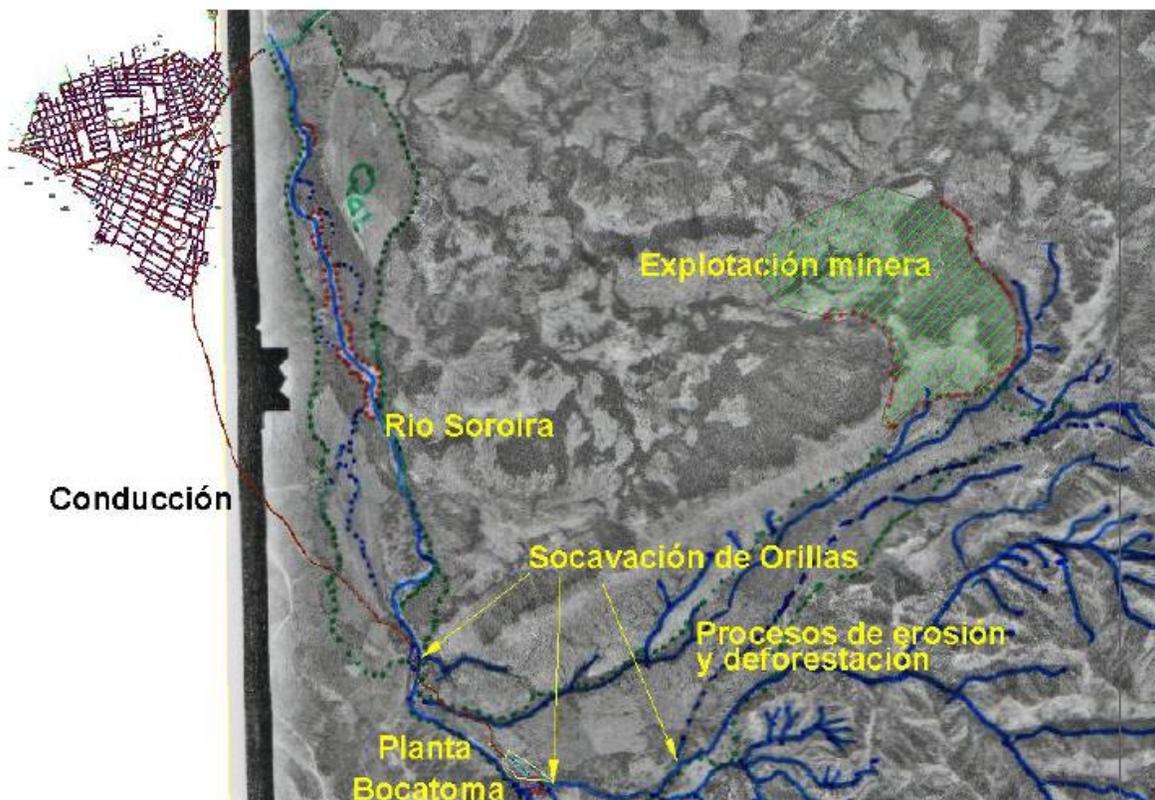


Figura 23. Procesos dinámicos cuenca río Sororia.

Fuente: (elaboración propia. Fotografía No. 224 vuelo C2162, 1986).IGAC)

3.13.1.12.1 Bocatoma y Conducción

Se trata de una estructura combinada de captación lateral y de fondo. Desde el punto de vista geotécnico, está afectada en su superestructura por la degradación y erosión del concreto masivo, borde de la solera y socavación lateral de orillas y profundización del cauce tanto aguas arriba como abajo de la misma.



Fotografía 7. Socavación profunda a la salida de la estructura de captación, nótese la Profundización del cauce.

Aguas arriba y abajo de la estructura de cierre y captación, se observan procesos de inestabilidad los taludes de las márgenes, causados por los procesos de socavación incisiva y carcavamiento de las orillas. Los muros de contención y protección en gavión existentes, ya no cumplen su función dado que la afectación se ha profundizado en el lecho y extendido longitudinalmente.



Fotografía 8. Detalles de inestabilidad de taludes



Fotografía 9. Detalles de inestabilidad de taludes

Desbordamiento del río aguas arriba y abajo de la bocatoma, como sucedió en el fuerte periodo invernal de hace dos años, cuando el río se desbordó por ambas márgenes siendo más crítica la inundación sobre la margen izquierda aguas arriba del sitio de captación.

Se ha observado un punto crítico por el alto riesgo que representa para la conducción, localizado a 250 m aproximadamente de la planta. Por la intervención aguas arriba y abajo del cauce (Fotografía 10), en donde se acordonado materiales aluviales hacia la orilla izquierda pero dentro del cauce, el río ha recostado su flujo sobre la orilla derecha socavándola y colocando en riesgo la tubería.



Fotografía 10. Detalles procesos de socavación de orillas e intervención del cauce a 250 m. abajo Aproximadamente de la planta.

El muro en gaviones construido para protección y control de este tramo, se encuentra socavado en su base y al respaldo en los extremos aguas arriba y abajo. En general todo sitio de cruce de la conducción bajo cauce del río y quebradas, son puntos vulnerables debido a la intervención que se viene realizando tanto en la parte alta como media de la cuenca del rio Sororia.

Capítulo 4. Diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable

4.1 Antecedentes

La planta de tratamiento de agua potable del casco urbano, PTAP, procesa el agua tomada del río Sororia, que es una fuente confiable, de acuerdo con los análisis hidrológicos.

En la actualidad la PTAP cuenta con tres módulos o plantas, de las cuales operan dos, mientras la tercera se encuentra en proceso de rehabilitación, para entrar en servicio.

Según el testimonio de los funcionarios de la oficina de servicios públicos del municipio, en la actualidad la PTAP requiere ampliación de la capacidad sobre todo en época de invierno, por el aumento significativo de la turbiedad, que colma la capacidad de procesamiento de la estructura.

A continuación se presenta el diagnóstico del sistema de tratamiento para potabilización del casco urbano.

4.2 Situación Actual del Sistema Caudal

4.2.1 Aforos Ejecutados

Se efectuó mediciones de producción de caudal a la salida de los sedimentadores en las dos PTAP, donde se obtuvo un caudal total de 82.6 lps, y por relación hidráulica sobre la tubería de bypass de 18” que llega directamente al tanque de almacenamiento, 36.5 lps, para un total de 119.1 lps

4.2.2 cálculo de pérdida a partir del aforo

A partir de la relación de la dotación bruta y la dotación neta, considerando esta última con el valor de la norma 135 l/hab- día, resolución (2320 del 27 noviembre de 2009) se obtiene una pérdida del 65%, valor que será usado inicial en la proyección, de pérdidas.

4.2.3 Cobertura

En el año 2005 la cobertura del servicio de Acueducto en la cabecera municipal de La Jagua de Ibirico era de 95.49% (DNP, 2006). En un documento más reciente, año 2011, se reportó una cobertura cercana al 80%, correspondiente a 3784 usuarios en la cabecera municipal. Según reporta la oficina de servicios públicos del municipio.

4.2.4 Calidad

4.2.4.1 Muestreos

Con el objetivo de determinar la eficiencia en el tratamiento, se efectuó un análisis de laboratorio en el agua proveniente del tanque de almacenamiento el día 7 de Febrero de 2013. La

Tabla 29 contiene el análisis fisicoquímico y la Tabla 30, el análisis microbiológico del agua a la salida del sistema de tratamiento (Tanque de Almacenamiento).

Tabla 29.

Análisis fisicoquímico- Aguas Tanque de Almacenamiento

Análisis	Resolución 2115 de 2007	Resultados
pH (U de pH)	6.5- 9.0	8.09
Alcalinidad mg/l	200	97.4
Dureza Total mg/l	300	90.3
Cloruros mg/l	250	<2.00
Turbiedad NTU	2	0.728
Nitratos mg/l	10	<2.2
Nitritos mg/l	0.1	<0.007
Sulfatos mg/l	250	11.8
Fosfatos mg/l	0.5	0.15
Cloro libre residual mg/l	0.3- 2.0	0.08
Calcio mg/l	60	32.0
Magnesio mg/l	36	2.55
Hierro Total mg/l	0.3	<0.005
Dureza cálcica mg/l	N.R	79.8
Aluminio mg/l	0.2	<0.02
Cloro aparente UPC	15	5.00
Manganeso mg/l	0.1	<0.1
Floruro mg/l	1.0	<0.10
Carbono Orgánico Total mg/l	5	<5
Zinc mg/l	3	<0.05
Molibdeno mg/l	0.07	<0.0003

Fuente: (PBOT 2000)

Tabla 30.

Análisis Microbiológico- Agua Tanque de Almacenamiento

Análisis	Resolución 2115 de 2007	Resultado
Coliformes Totales UFC/100MI	0	82
Escherichiacoli UFC/100MI	0	2
Aerobios Mesofilos UFC/100mL	100	DNPSC

Fuente: (PBOT 2000)

De acuerdo con los resultados obtenidos, el agua en el tanque de almacenamiento cumple con los parámetros fisicoquímicos estipulados por la norma. En cuanto a los parámetros microbiológicos, el agua excede los límites máximos consignados en la resolución 2115 de 2007.

Cabe mencionar que el muestreo fue realizado en época de verano, cuando el agua en la fuente tiene muy baja turbiedad, con excepción del cloro libre.

4.2.4.2 Irca

Conforme a la información del Índice de Riesgo de Consumo de Agua, IRCA, a nivel mensual del municipio, expedida por el Subsistema de Información para Vigilancia de Calidad de Agua Potable- SIVICAP, el agua para consumo humano y domiciliario en el municipio de La Jagua de Ibirico presenta en su mayoría IRCA altos e inviables sanitariamente, desde el año 2007 (año en el que entra en vigencia el Decreto 1575 de 2007)

4.2.4.3 sistemas de tratamiento de agua potable

El sistema de tratamiento de agua potable es de tipo convencional y está conformado por tres plantas independientes en concreto reforzado, de distinta capacidad, construidas en diferentes épocas. Dos de las plantas de tratamiento están en operación actualmente; la tercera planta no ha sido completamente habilitada aún. El proceso de tratamiento es de tipo convencional, constituido por unidades de floculación, sedimentación y filtración.

4.2.4.4 Instalaciones

En la actualidad existe una edificación donde se almacenan los insumos químicos, los equipos de cloración, se realizan actividades de laboratorio y vive el operador. Este edificio presenta deterioro general de la fachada, cubierta, pintura, puertas y pisos.

4.2.4.5 Aspectos Generales del Estado Actual

La dosificación de coagulante (Policloruro de aluminio) se realiza por gravedad desde un tanque donde manualmente se prepara la solución sin ningún tipo de control sobre la cantidad de producto que se aplica. El punto de aplicación de la solución de policloruro se hace en una canaleta Parshall y un vertedero a través de una instalación de tuberías de PVC de ½” que se encuentra en mal estado.

Actualmente se realiza cloración granular a través de un equipo generador de cloro a partir de una solución de cloruro de sodio (sal común) que opera con energía solar (paneles fotovoltaicos y baterías de almacenamiento). Este equipo en la actualidad se encuentra en la planta en condiciones de ensayo piloto por parte del proveedor del mismo y su capacidad es

insuficiente para proporcionar la cantidad de desinfectante requerida para el caudal total del Sistema, situación que se ha evidenciado con las mediciones de cloro libre realizadas al agua tratada, que en ningún caso han sido mayores a 0.08 mg/l. Además se tiene serias deficiencias en cuanto a la instalación física para la desinfección ya que no se cuenta con un tanque de mezcla y contacto de cloro y la aplicación se hace puntualmente en el tanque de almacenamiento por medio de una tubería de PVC de ½”.

El sistema no cuenta con ninguna facilidad para el adecuado manejo y disposición de los lodos generado en el proceso.

Se tiene la planta física para un laboratorio pero en la actualidad no se cuenta con los equipos y elementos básicos para la medición de pH, cloro residual, turbiedad, color, temperatura y ensayo de jarras, dotación básica exigida por la normatividad.

4.3 Primera planta –Descripción de tratamiento

La primera planta de tratamiento está conformada de la siguiente manera:

- Dos Floculadores hidráulicos tipo Alabama de flujo vertical, con 8 cámaras de floculación cada uno. Presentan deterioro en algunas partes de la estructura, principalmente en el canal de entrada donde se encuentran varias fisuras por donde

escapa el agua. Cada floculador ha sido separado por medio de compuertas manuales que presentan deterioro y por tanto no operan adecuadamente.

- Cuatro sedimentadores de alta tasa de placas paralelas en fibrocemento (dos por cada floculador). Dichas placas tienen una separación media de 6 cm y una inclinación de aproximadamente 66 grados. La entrada a cada sedimentadores un orificio en la pared divisoria con el floculador y no posee canales o tuberías de distribución. La recolección de agua sedimentada se realiza por medio de dos canaletas superficiales en concreto por cada sedimentador que drenan a través de un canal de distribución a los filtros. Para la evacuación de los sedimentos cuenta con tuberías de drenajes controlada por válvulas de compuerta de 4", no poseen canales o tuberías con orificios de aspiración de sedimentos.
- Cuatro filtros rápidos de arena, de flujo descendente, tasa constante y lavado mutuo, con lecho filtrante de arena-antracita. La entrada a los filtros se realiza a través de un canal común y por medio de compuertas manuales que se encuentran en mal estado y no garantizan la estanqueidad suficiente para aislar las unidades en operaciones de lavado o de mantenimiento. Finalmente, la salida de aguas de retrolavado se regula a través de válvulas de salida que permiten la salida de agua al río por medio de una red de alcantarillado.



Fotografía 11. Vista General Planta No. 1. Vista hacia aguas abajo



Fotografía 12. Filtros de la Planta No. 1. Sentido del flujo hacia la derecha

4.4 Segunda Planta- Descripción tren de tratamiento

Las características se describen a continuación.

- Un floculador hidráulico tipo Alabama de flujo vertical con 9 cámaras de floculación, que recibe el agua directamente en la primera cámara, sin ningún tipo de control hidráulico.
- Un sedimentador de alta tasa de placas paralelas en fibrocemento, donde se recolecta el agua sedimentada por medio de cinco canaletas superficiales en concreto que drenan a través de un canal de distribución a los filtros. La distribución del agua a la entrada del sedimentador se realiza por medio de un túnel de distribución con orificios. Para la evacuación de los sedimentos, la estructura cuenta con una pendiente al fondo y

compuerta de drenaje. Las placas del sedimentador tienen una separación media de 6 cm y una inclinación de aproximadamente 66 grados.

- Cuatro filtros rápidos de arena, de flujo descendente, tasa constante y lavado mutuo, con lecho filtrante de arena y antracita. La entrada a los filtros se realiza a través de un canal común y por medio de compuertas manuales con columna de manejo que permiten independizar cada filtro. Para el retrolavado los filtros cuentan con sus respectivas compuertas de salida de aguas de lavado, que drenan al río Sororia.



Fotografía 13. Entrada de agua a la Planta No. 2
Vista de los floculadores. Nótese la tubería por donde ingresa el agua a los floculadores.



Fotografía 14. Vista general de la Planta No. 2.
Vista hacia aguas abajo.



Fotografía 15. Sedimentadores de placas paralelas en Planta No. 2

4.5 Tercera Planta – Descripción de Tratamiento

También es de tipo convencional y se encuentra fuera de servicio; está conformada de la siguiente forma.

- Un floculador hidráulico de flujo horizontal con cuatro secciones.
- Un sedimentador proyectado para operar con alta tasa, con canal de distribución del agua de ingreso y canal central para la recolección del agua clarificada. La estructura cuenta con placas de sedimentación acelerada, y canales de recolección del agua sedimentada.
- Cuatro filtros de flujo descendente, tasa constante y lavado mutuo, con válvulas para la operación y lavado.

En cuanto al manejo de lodos, el sistema de tratamiento no cuenta con ninguna facilidad y el agua proveniente del retrolavado y los sedimentos son descargados al río por medio de una red de alcantarillado.



Fotografía 16. Floculador hidráulico horizontal de la Planta No. 3. Vista hacia aguas arriba.



Fotografía 17. Estructura del sedimentador en la Planta No. 3. Vista hacia aguas abajo.

Cálculo de la capacidad Planta No. 1. Con base en las dimensiones del catastro, características y estado de la planta se revisa la capacidad de los distintos componentes de las estructuras.

Floculador. Con el objetivo de determinar la capacidad nominal de los dos floculadores en paralelo, se utilizarán dos criterios de diseño:

a. Criterio de tiempo de retención hidráulico

Tabla 31.

Dimensiones del Floculador

Ancho	1.15m
Largo	1.15m
Profundidad	2.3m
Volumen Útil de cada cámara	3.04m ³

Fuente: (PBOT 2000)

Tal como lo establece el RAS 2000, Titulo C 5.5.1, el tiempo de retención debe estar comprendido entre 20 y 40 minutos. Por lo tanto se efectuará el cálculo usando ambos valores.

Tiempo de retención 20 minutos

$$\text{Tiempo de retención en cada cámara} = \frac{20 \text{ min}}{8 \text{ camaras}} = 2.5 \text{ min / cámara} = 150 \text{ seg / camara}$$

$$Q = \frac{Vol}{Tr} = 0.0203 \text{ m}^3/\text{s} = 20.3 \text{ l/s}$$

Tiempo de retención 40 minutos

$$\text{Tiempo de retención en la camara} = \frac{40 \text{ min}}{8 \text{ camaras}} =$$

$$5 \text{ min /camara} = 300 \text{ seg /camara}$$

$$Q = \frac{Vol}{Tr} = 0.0101 \text{ m}^3/\text{s} = 10.1 \text{ l/s}$$

Dado que el sistema de floculación en la planta No.1 esta conformado por 2 floculadores en paralelo, se establece que la capacidad total del sistema varia entre:

Tiempo de retencion 20 minutos

Capacidad del sistema max= $2 \times Q = 40.6$ l/s

Tiempo de retención 40 minutos

Capacidad del sistema min = $2 \times Q = 20.2$ l/s

b. Criterio de velocidad a través de los pases entre cámaras

Sección del codo:

Tabla 32.

Dimensiones- Sección del codo

Ancho	0.3m
Largo	0.27m
Área	0.08m ²

Fuente: (PBOT 2000)

De acuerdo al RAS 2000, Título C 5.5.1, la velocidad a través de los pases entre cámaras (codos) debe estar comprendida entre 0.2 m/s y 0.4 m/s.

Por lo tanto, los caudales para las condiciones de velocidad mínima y máxima son:

$$Q_{\min} = V \times \text{Area} = 0.0162 \text{ m}^3 / \text{s} = 16.2 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max} = V \times \text{Area} = 0.0322 \text{ m}^3 / \text{s} = 32.2 \text{ l/s}$$

Entonces,

$$\text{Capacidad del sistema min} = 16.2 \text{ l/s}$$

$$\text{Capacidad del sistema max} = 32.2 \text{ l/s}$$

De los dos criterios analizados hasta ahora, se desprende que el caudal varia entre 20.2 l/s.

c. criterio del gradiente de velocidad a traves de los pases entre camaras

Tal como lo establece el RAS 2000, Titulado C 5.5.1, el gradiente de velocidad a traves de los pases entre camaras (codos) debe estar comprendido entre 20 s^{-1} y 70 s^{-1} , por lo tanto se evaluara el Gradiente usando un caudal maximo de 32.2 l/s obtenido.

Calculo de perdidas de carga

Perdidas en los pases:

Tabla 33.

Dimensiones- Pases

Ancho	0.3m
Altura	0.4m
Coefficiente de descarga	0,80

Fuente: (PBOT 2000)

$$\text{Área del orificio} = A_f = \text{Ancho} * \text{Altura} = 0.12\text{m}^2$$

$$\text{Pérdida de carga en los pases de muros} = h_f = \frac{Q^2}{19.6 C_d^2 A^2} = 0.00603\text{m}$$

Perdida en los codos:

$$V = Q/A_t = 0.407 \text{ m/s}$$

Coefficiente K para el codo = 0.4

Perdidas,

$$h_f = k * \frac{V^2}{2g} = 0.00338 \text{ m}$$

Perdidas de carga por cada cámara;

$$h = h_f + h_f = 0.009\text{m}$$

Pérdidas totales (en las 8 cámaras) = 0.08m

Gradiente de velocidad en el paso entre cámaras:

Viscosidad cinemática; $\nu = 0.00000101 \text{ m}^2/\text{s}$

$$G = (g h) / \nu t_0)^{1/2} = 7,5\text{s}^{-1}$$

El valor de gradiente obtenido resulta muy bajo, lo que traería como consecuencia una mala formación del floc y la sedimentación de los mismos en el floculador.

Para aumentar este valor se deberán modificar las dimensiones de los pases entre cámaras.

Sedimentador

Tabla 34.

Dimensiones del sedimentador

Largo	2.90m
Ancho	2.40m

Fuente: (PBOT 2000)

Cálculo del Área,

$$\text{Área} = 2.90 \text{ m} * 2.40\text{m} * 4 = 27.84 \text{ m}^2$$

De acuerdo con lo establecido por el RAS 2000, Título C 6.5.1.3, las unidades de sedimentación de alta tasa con placas angostas se diseñan para operar con tasas entre 120 y 185 m³/m²-día, dependiendo de la calidad del agua a tratar y de la eficiencia del proceso de floculación.

De este modo, los caudales mínimos y máximos nominales para la unidad de sedimentación de la planta No. 1 serán:

$$Q_{\min} = \text{Area} * \text{TDS} = 27.84 \text{ m}^2 * 12 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 38.7 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max} = \text{Area} * \text{TDS} = 27.84 \text{ m}^2 * 185 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 59.6 \text{ l/s}$$

Filtración

Tabla 35.

Componentes Filtración

Profundidad Total	4.10m
Cabeza de filtración disponible	1.0m

Fuente: (PBOT 2000)

Área de cada filtro = (1.25m * 2.40m) = 3.0m²

Siendo la cabeza de filtración disponible tan solo de 1 metro (El RAS C 7.5.1.5, recomienda mínimo una variación de nivel de 2 m) las carreras de filtración serán más frecuentes y el consumo de agua destinado para retrolavado será mayor.

Respecto al número de unidades, la planta de tratamiento No. 1 cumple con la recomendación del RAS 2000 C.7.5.1.6, de tres unidades para lavado con fuente externa y cuatro para lavado mutuo.

En la actualidad la planta cuenta con un tanque elevado que fue diseñado para el retrolavado de los filtros, pero por ausencia de energía para llenarlo se encuentra fuera de servicio.

El medio filtrante está compuesto por capas de gravas de soporte, arena y antracita.

A continuación se presentan las dimensiones de cada filtro:

Tabla 36.

Dimensiones de cada filtro

Largo	2.4m
Ancho	1.25m
Área de cada filtro	3m ²
Área total	12m ²

Fuente: (PBOT 2000)

Para lechos de antracita sobre arena “la tasa máxima es de 300 m³/m²-día, siempre y cuando la calidad del floc lo permita” de acuerdo al RAS (C7.5.1.3).

Así, con los cuatro filtros en operación la capacidad de filtración sería:

$$Q = 12\text{m}^2 * 300 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ día}} = 3600 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 41.7 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

En operación de retrolavado, con uno de los filtros fuera de servicio, la tasa de operación es:

$$\text{Tasa de operación} = 3600 \frac{m^3}{3 \cdot 3} = 400 \frac{m^3}{m^2 \text{ día}}$$

Esta tasa obtenida resulta muy alta.

La capacidad de filtración con tres unidades en operación y una fuera de servicio y con una tasa máxima de filtración de $300 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día}$ será de:

$$\text{Capacidad de filtración} = 9\text{m}^2 * 300 \frac{m^3}{m^2 \text{ día}} = 2700 = \frac{m^3}{\text{día}} = 31.25 \frac{l}{s}$$

Para lechos filtrantes de arena-antracita se deben procurar velocidades ascensionales de lavado de 0.6 m/min para obtener una expansión del lecho mayor al 20% de donde el caudal necesario para el lavado sería:

$$Q_{\text{lavado}} = \text{Area} * \text{Velocidad} = \frac{3\text{m}^2 * \left(\frac{0.6\text{m}}{\text{min}}\right)}{60\text{seg}} = 0.03\text{m}^3/\text{s} = 30 \text{ l/s}$$

Este caudal debe ser suministrado por los otros tres filtros, así que a un caudal de 30 l/s los filtros, en operación de lavado, trabajarán a una tasa de:

$$\text{Tasa de operación} = 30 \frac{l}{s} * 3.6 * \frac{24}{9\text{m}^2} = 288 \frac{m^3}{m^2 \cdot \text{día}}$$

Y en operación de filtrado, a una tasa de:

$$\text{Tasa de operación} = 30 \frac{l}{ms} * 3.6 * \frac{24}{m_{12}m^2} = 216 \frac{m^3}{m^2 \cdot \text{día}}$$

Los valores obtenidos están dentro de los rangos típicos de operación para filtros de alta tasa de antracita.

Analizando los rangos de caudal para cada una de las unidades de esta planta (Planta No.1) de manera que todas operen dentro de parámetros hidráulicos, podemos establecer un caudal nominal máximo de 30 l/s. Es importante resaltar que este caudal máximo nominal de la planta, en este caso, está determinado por la capacidad del filtro la cual a su vez puede variar de acuerdo a la calidad del agua a tratar y el floc formado en el proceso de floculación. Los cálculos anteriores están basados en parámetros hidráulicos recomendados por el RAS y de uso común dentro de las buenas prácticas de ingeniería.

Cálculo de la capacidad Planta No. 2

Floculación. Para determinar la capacidad nominal del floculador existente se utilizarán los criterios de diseño de tiempo de retención, velocidad a través de las cámaras y gradientes de velocidad.

a. Criterio de tiempo de retención hidráulico

Tal como lo establece el RAS 2000, Título C 5.5.1, el tiempo de retención debe estar comprendido entre 20 y 40 minutos. Por lo tanto se efectuará el cálculo usando ambos valores.

Tabla 37.

Dimensiones Floculador

Ancho	2.25m
Largo	2.3m
Profundidad	11.25m
Volumen útil d cada camara	6.47m ³
Volumen total (9 cámaras)	58.23m ³

Fuente: (PBOT 2000)

Tiempo de retención mínimo de 20 minutos:

Tiempo de retención en cada camara=

$$2.2 \text{ min/camara} = 133 \text{ min/camara}$$

$$Q = \frac{Vol}{Tr} = 0.0485 \text{ m}^3/\text{s} = 48.5 \text{ l/s}$$

Tiempo de retención máximo de 40 minutos:

Tiempo de retención en cada camara=

$$4.4 \text{ min /camara} = 266.66 \text{ seg/camara}$$

$$Q = \frac{Vol}{Tr} = 0.0242 \text{ m}^3/\text{s} = 24.2 \text{ l/s}$$

Por lo tanto, según el criterio del tiempo de retención hidráulico la capacidad del floculador está entre 24,2 y 48,5 l/s

b. Criterio de velocidad a través de los pases entre cámaras:

Sección del codo:

Tabla 38.

Dimensiones- Sección Codo

Ancho	0.35m
Largo	0,35m
Área	0.12m ²

Fuente: (PBOT 2000)

De acuerdo al RAS 2000, Título C 5.5.1, la velocidad a través de los pases entre cámaras (codos) debe estar comprendida entre 0.2 m/s y 0.4 m/s.

Por lo tanto, los caudales para las condiciones de velocidad mínima y máxima son:

$$Q_{\min} = V \times \text{Area} = 0.0245 \text{ m}^3 / \text{s} = 24.5 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max} = V \times \text{Area} = 0.0490 \text{ m}^3 / \text{s} = 49.0 \text{ l/s}$$

Entonces,

$$\text{Capacidad del sistema min} = 24.5 \text{ l/s}$$

$$\text{Capacidad del sistema max} = 48.5 \text{ l/s}$$

De los dos criterios analizados hasta ahora, se estimó que el caudal varía entre 24.5 l/s y 48.5 l/s.

c. Criterio del gradiente de velocidad a través de los pases entre cámaras

Tal como lo establece el RAS 2000, Titulo C 5.5.1, el gradiente de velocidad a través de los pases entre cámaras (codos) debe estar comprendido entre 20 s^{-1} y 70 s^{-1} , por lo tanto se evaluará el Gradiente usando un caudal máximo de 48.5 l/s.

Cálculo de pérdidas de carga:

Pérdidas en los pases:

Tabla 39.

dimensiones- Pases

Ancho	0.35m
Altura	0.35m
Coefficiente de descarga	0.80

Fuente: (PBOT 2000)

$$\text{Área del Orificio} = A_t = \text{Ancho} * \text{Altura} = 0.123\text{m}^2$$

$$\text{Perdidas de carga en los pases de muros} = h_f = \frac{Q^2}{19.6Cd^2 A^2} = 0,01239\text{m}$$

Pérdida en los codos:

Velocidad en el codo;

$$V = Q/At = 0.396 \text{ m/s}$$

Coefficiente K para el codo = 0,4

Pérdidas;

$$hf' = k * \frac{v^2}{2g} = 0.00320\text{m}$$

Pérdidas de carga por cada cámara;

$$h = hf + hf' = 0.0157\text{m}$$

Pérdidas totales (en las 9 cámaras) = 0,141 m

Gradiente de velocidad en el paso entre cámaras:

Viscosidad cinemática: $\nu = 0.00000101\text{m}^2/\text{s}$

$$G = (g h) / \nu t_0^{1/2} = 13.27 \text{ s}^{-1}$$

El valor de gradiente obtenido resulta muy bajo, lo que traería como consecuencia una mala formación del floc y la sedimentación de los mismos en el floculador.

Para aumentar este valor se deberán modificar las dimensiones de los pases entre cámaras.

Sedimentación

Dimensiones del sedimentador:

Tabla 40.

Dimensiones Sedimentador

Largo	4.00m
Ancho	7.00m

Fuente: (PBOT 2000)

Cálculo del Área,

$$\text{Área} = 4.00\text{m} * 7.00\text{m} = 28.0\text{m}^2$$

De acuerdo con lo establecido por el RAS 2000, Título C 6.5.1.3, las unidades de sedimentación de alta tasa con placas angostas se diseñan para operar con tasas entre 120 y 185 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-día}$, dependiendo de la calidad del agua a tratar y de la eficiencia del proceso de floculación.

De este modo, los caudales mínimos y máximos nominales para la unidad de sedimentación de la planta No.2 serán:

$$Q_{\min} = \text{Área} * \text{TDS} = 28.0\text{m}^2 * 120 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 3.360 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 38.9 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max} = \text{Área} * \text{TDS} = 28.0\text{m}^2 * 185 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 5.180 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 60.0 \text{ l/s}$$

Filtración

Tabla 41.

Componentes Filtración

Profundidad total	4.10m
Cabeza de filtración disponible	1.50m

Fuente: (PBOT 2000)

Área de cada filtro = $(2.15\text{m} * 1.16\text{ m}) = 344\text{m}^2$

Ya que la cabeza de filtración disponible es de 1,5 metro (El RAS recomienda mínimo una variación de nivel de 2m) las carreras de filtración serán más frecuentes y el consumo de agua destinado para retrolavado será más alto.

Respecto al número de unidades, la planta de tratamiento No. 2 cumple con la recomendación del RAS 2000 C 7.5.1.6, de tres unidades para lavado con fuente externa y cuatro para lavado mutuo.

El medio filtrante está compuesto por capas de gravas de soporte, arena y antracita.

Dimensiones de cada filtro:

Tabla 42.

Dimensiones de cada filtro

Largo	2.15m
Ancho	1.60m
Largo de cada filtro	3,44m ²
Área total	13.76m ²

Fuente: (PBOT 2000)

Para lechos de antracita sobre arena “la tasa máxima es de 300 m³/m²-día, siempre y cuando la calidad del floc lo permita” de acuerdo al RAS (C7.5.1.3).

Así, con los cuatro filtros en operación la capacidad de filtración sería:

$$Q = 13.76\text{m}^2 * 300 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ día}} = 4128 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 47,8 \text{ l/s}$$

En operación de retrolavado, con uno de los filtros fuera de servicio, los otros tres filtros operarían a una tasa de:

$$\text{Tasa de operación} = 4128 \frac{\text{m}^3}{(3 * 3.44)} = 400 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}$$

Esta tasa obtenida resulta muy alta.

La capacidad de filtración con tres unidades en operación y una fuera de servicio y con una tasa máxima de filtración de 300 m³/m²-día será de:

$$\text{Capacidad de filtración: } 3 * 3.44\text{m}^2 * 300 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}} = 3096 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 35,83 \text{ l/s}$$

Para lechos filtrantes de arena-antracita se deben procurar velocidades ascensionales de lavado de 0.6 m/min para obtener una expansión del lecho mayor al 20% de donde el caudal necesario para el lavado sería:

$$Q \text{ lavado} = \text{Área} * \text{velocidad} = \frac{3.44 \text{ m}^2 \left(\frac{0.6 \text{ m}}{\text{min}}\right)}{60 \text{ seg}} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s} = 34.4 \text{ l/s}$$

Este caudal debe ser suministrado por los otros tres filtros, así que a un caudal de 34.4 l/s los filtros, en operación de lavado, trabajarán a una tasa de:

$$\text{Tasa de operación} = 34,4 \text{ l/s} * 3.6 * \frac{24}{3 * 3.34 \text{ m}^2} = 216 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}$$

Y en operación de filtrado a una tasa de:

$$\text{Tasa de operación} = 34.4 \text{ l/s} * 3.6 * \frac{24}{4 * 3.44 \text{ m}^2} = 216 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}$$

Los valores obtenidos están dentro de los rangos típicos de operación para filtros de alta tasa de antracita.

Para la Planta No. 2, de acuerdo a los anteriores cálculos se establece un caudal nominal de 34.4 l/s que al igual que la planta No. 1 está limitado por la capacidad del conjunto de filtración.

Cálculo de la capacidad Planta No. 3

Esta planta actualmente no se encuentra en operación, la obra civil relacionada con los tanques de cada proceso está construida pero hacen falta obras menores y accesorios, válvulas, placas para la sedimentación de alta tasa, sistema recolector de agua sedimentadas, medios filtrantes y drenajes de lodos.

A partir de la geometría de las estructuras existentes se procede a hacer los cálculos de la capacidad hidráulica que tendrá esta unidad una vez se concluyan las obras faltantes.

Floculación

El floculador hidráulico cuenta con cuatro secciones de diferentes geometría y por tanto de diferentes gradiente hidráulicos.

Para determinar la capacidad de esta unidad se hará el cálculo basados en el tiempo de retención y en los gradientes de mezcla partiendo de la geometría de lo actualmente construido. Para este tipo de floculador se establecen tiempos de retención hidráulicos entre 20 y 30 minutos y gradientes de velocidad entre 20 s^{-1} y 70 s^{-1} .

El cálculo para cada una de las secciones es el siguiente:

Sección 1

Tabla 43.

Componentes Floculación- Sección 1

Espaciamiento entre tabiques (w)	0.14m
Espaciamiento entre tabiques y la pared	0.34m
Numero de canales (N)	19
Numero de tabiques	18
Espesor de tabiques	0.05m
Ancho total de la camara (Wc)	2.6m
Longitud de tabiques (l)	2.26m
Largo de la seccion	3.7m
Profundidad util (p)	1.65m
Longitud total de canal (Nxl)	42.94m
Velocidad del agua (v)	0.25m/s
Coefficiente de Manning (n)	1.013

Fuente: (PBOT 2000)

$$\text{rea de la seccion del canal} = A = w * p = 0.231\text{m}^2$$

$$\text{Perimetro mojado (P)} = w + 2p = 3.44\text{m}$$

$$\text{Perdidas por ficcion} = hf = (nv)^2 * \frac{L}{R^{4/3}} = 0.01662\text{m}$$

$$\text{Perdidas adicionales} = h = 3(N - 1) \frac{(V^2)}{(2g)} = 0.17202\text{m}$$

$$\text{Perdidas totales} = H = hf + h = 0.18863 \text{ m}$$

$$\text{Viscosidad cinetica} = \mu = 1\text{E} - 0.6 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{Volumen de la camara} = \text{Vol} = Wc * p * w * N = 11.41 \text{ m}^3$$

$$\text{Caudal} = v * A = 0.05775 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 57.8 \text{ l/s}$$

$$\text{Tiempo de retencion} = \frac{\text{volumen}}{\text{caudal}} = 197.6 \text{ s} = 3.29 \text{ minutos}$$

$$\text{Gradiente} = G = \left(\frac{gH}{ut} \right)^{1/2} = 96 \text{ s}^{-1}$$

$$Gt = 19.018$$

Sección 2

Tabla 44.

Componentes Floculación- Sección 2

Espaciamiento entre tabiques (w)	0.2
Espaciamiento entre tabiques y la pared	0.32
Número de canales (N)	33
Numero de tabiques	32
Espesor de tabique	0.05m
Ancho total de la camara (Wc)	2.6m
Longitud del tabique (l)	2.28m
Largo de la sección	8.9m
Profundidad útil (p)	1.65m
Longitud total del canal (Nxl)	75.24m
Velocidad del agua (v)	0.18m/s
Coefficiente de Manning (n)	0.013
Caudal	0.05775m ³ /s

Fuente: (PBOT 2000)

$$\text{Área de la sección del canal} = A = W * p = 0.33 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado (P)} = W + 2p = 3.5\text{m}$$

$$\text{Perímetro por fricción} = hf = (nv)^2 * \frac{L}{R^{4/3}} = 0.00907\text{m}$$

$$\text{Perdidas adicionales} = h = 3(N - 1) \left(\frac{v^2}{2g} \right) = 0.14985 \text{ m}$$

$$\text{Perdidas totales} = H = hf + h = 0.15892 \text{ m}$$

$$\text{Viscosidad cinetica} = \mu = 1e - 0.6 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{Volumen de la camara} = \text{Vol} = Wc * p * w * N = 28.31 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo de retencion} = \frac{\text{volumen}}{\text{caudal}} = 490.29 \text{ s} = 8.17 \text{ minutos}$$

$$\text{Gradiente} = G \left(\frac{gH}{ut} \right)^{1/2} = 56 \text{ s}^{-1}$$

$$Gt = 27.496$$

Sección 3

Tabla 45.

Componentes Floculación- Sección 3

Espaciamiento entre tabiques (w)	0.3m
Espaciamiento entre tabiques y la pared	0.33m
Numero de canales (N)	25
Numero de tabiques	24
Espesor de tabiques	0.05m
Ancho total de la camara (Wc)	2.6m
Longitud de tabiques (l)	2.27m
Largo de la seccion	8.53m
Profundidad util (p)	1.65m
Longitud total de canal (Nxl)	56.75m
Velocidad del agua (v)	0.12m/s
Coficiente de Manning (n)	0.013
Caudal	0.05775m ³ /s

Fuente: (PBOT 2000)

$$\text{Área de la sección del canal} = A = w * p = 0.495\text{m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado (P)} = w + 2 p = 3.6\text{m}$$

$$\text{Pérdida por fricción} = hf = (nv)^2 * \frac{L}{R^{4/3}} = 0.002\text{m}$$

$$\text{Pérdidas adicionales} = h = 3 (N - 1) \left(\frac{V^2}{2g}\right) = 0.05\text{m}$$

$$\text{Pérdidas totales} = H = hf + h = 0.052 \text{ m}$$

$$\text{Viscosidad cinetica} = \mu = 1\text{E} - 0.6 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{Volumen de la camara} = \text{Vol} = Wc * P * W * N = 32.18 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo de retencion} = \frac{\text{volumen}}{\text{caudal}} = 557.14\text{s} = 9.29 \text{ minutos}$$

$$\text{Gradiente} = G = \left(\frac{gH}{ut}\right)^{1/2} = 30 \text{ S}^{-1}$$

$$Gt = 16.732$$

Sección 4

Tabla 46.

Componentes Floculación- Sección 3

Espaciamiento entre tabiques (w)	0.35m
Espaciamiento entre tabiques y la pared	0.52m

Numero de canales (N)	21
Numero de tabiques	20
Espesor de tabiques	0.05m
Ancho total de la camara (Wc)	2.6m
Longitud de tabiques (l)	2.08m
Largo de la seccion	8.8m
Profundidad util (p)	1.65m
Longitud total de canal (Nxl)	43.68m
Velocidad del agua (v)	0.10m/s
Coefficiente de Manning (n)	0.013
Caudal	0.05775m ³ /s

Fuente: (PBOT 2000)

$$\text{Área de la sección del canal} = A = w * p = 0.5775\text{m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado (P)} = w + 2 p = 3.65\text{m}$$

$$\text{Pérdida por fricción} = hf = (nv)^2 * \frac{L}{R^{4/3}} = 0.001\text{m}$$

$$\text{Pérdidas adicionales} = h = 3 (N - 1) \left(\frac{V^2}{2g} \right) = 0.031\text{m}$$

$$\text{Pérdidas totales} = H = hf + h = 0.031\text{ m}$$

$$\text{Viscosidad cinetica} = \mu = 1\text{E} - 0.6 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{Volumen de la camara} = \text{Vol} = \text{Wc} * \text{P} * \text{W} * \text{N} = 31.53 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo de retencion} = \frac{\text{volumen}}{\text{caudal}} = 557.14\text{s} = 9.10 \text{ minutos}$$

$$\text{Gradiente} = \text{G} = \left(\frac{gH}{ut}\right)^{1/2} = 24 \text{ S}^{-1}$$

$$\text{Gt} = 12.907$$

Para un caudal de 57.7 l/s se obtiene un tiempo de retención total, de las cuatro cámaras, de 30 minutos, y gradientes de velocidad en cada una de las cámaras de 96, 56, 30 y 24 s⁻¹ respectivamente, excediendo el valor máximo recomendado por el RAS C 5.5.1, únicamente en la primera cámara.

Sedimentación

El sedimentador cuenta con un canal central para recolección del agua sedimentada, de manera que el área disponible para sedimentación corresponde a las zonas a cada lado de este canal.

Dimensiones del sedimentador:

Tabla 47.

Dimensiones Sedimentador

Largo	8.40m
Ancho	4.20m

Fuente: (PBOT 2000)

Cálculo del Área,

$$\text{Area} = 8.40 \text{ m} * 4.20 \text{ m} = 35.28 \text{ m}^2$$

De acuerdo con lo establecido por el RAS 2000, Título C6.5.1.3, las unidades de sedimentación de alta tasa con placas angostas se diseñan para operar con tasas entre 120 y 185 m³/m²-día, dependiendo de la calidad del agua a tratar y de la eficiencia del proceso de floculación.

De este modo, los caudales mínimos y máximos nominales para la unidad de sedimentación de la planta No.3 serán:

$$Q_{\min} = \text{Area} * \text{TDS} = 35.28 \text{ m}^2 * 120 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 4233.6 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 49.0 \text{ l/s}$$

$$Q_{\min} = \text{Area} * \text{TDS} = 35.28 \text{ m}^2 * 185 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 6526.8 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 75.5 \text{ l/s}$$

Filtración

Tabla 48.

Componentes de la filtración

Profundidad total	4.0m
Cabeza de filtración disponible	2.0m

Fuente : (PBOT 2000)

$$\text{Area de cada filtro} = (2.30\text{m} * 2.40 \text{ m}) = 5.52\text{m}^2$$

Respecto al número de unidades, la planta de tratamiento No. 3 cumple con la recomendación del RAS 2000 C 7.5.1.6, de tres unidades para lavado con fuente externa y cuatro para lavado mutuo.

La capacidad de filtración se calcula a partir del caudal necesario de retrolavado con una velocidad ascensional de 0,6 m/minuto, para obtener una expansión del lecho mayor al 20%:

$$Q_{\text{lavado}} = \text{Área} * \text{Velocidad} = \frac{5.52\text{m}^2 * \left(\frac{0.6\text{m}}{\text{min}}\right)}{60 \text{ seg}} = 0.0552\text{m}^3 / \text{s} = 55.2 \text{ l/seg}$$

Este caudal debe ser suministrado por los otros tres filtros, así que en operación de lavado, trabajarán a una tasa de:

$$\text{Tasa de operación} = 55.2 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 3.6 * \frac{24}{(5.52 * 3) \text{m}^2} = 288 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2. \text{ dia}}$$

Y en operación de filtrado, a una tasa de:

$$\text{Tasa de operación} = 55.2 \frac{l}{s} * 3.6 \frac{24}{(5.52 * 4)m^2} = 216 \frac{m^3}{m^2 . dia}$$

Los valores que estarían dentro de los rangos típicos de operación para filtros de alta tasa de antracita.

De los cálculos anteriores realizados a cada una de las unidades, se puede establecer un caudal de 55 l/s como la capacidad nominal de esta tercera planta.

Capacidad Total de la Planta de Tratamiento

Del análisis anterior se tiene que la capacidad nominal del sistema de tratamiento de agua potable del Municipio, conformado por las tres plantas de tratamiento existentes es de:

Tabla 49.

Resumen capacidad de las plantas de tratamiento

Planta	Capacidad l/s
No 1	30
No 2	34,4
No 3	55
TOTAL	119.4

Fuente: (PBOT 2000)

En conclusión, la capacidad total nominal del sistema de tratamiento es de 119,4 l/s considerando la Planta No. 3 en operación.

4.6 Diagnóstico Estructural de la PTAP

El diagnóstico estructural general de las estructuras que componen la Planta de Tratamiento de Agua Potable, PTAP, se realizó a partir de una inspección visual, en donde se observaron las estructuras en su estado general con apreciaciones particulares sobre las fallas e inconvenientes presentes, para determinar las acciones a tomar en cuenta en cada uno de los casos para mejorar los requisitos de durabilidad y protección del acero de refuerzo.

La planta de tratamiento consta de tres etapas constructivas, identificadas luego de realizar un análisis de la información disponible, procesos que se explican en detalle en los diagnósticos del funcionamiento del sistema de tratamiento propiamente. De las plantas de tratamiento, la más antigua data de 1993 y la más reciente se construyó después del año 2006.

Estructuralmente, se identifican estructuras en concreto reforzado conformadas por muros y placas de espesores variables de 0.10, 0.20 a 0.30 m de espesor; no se encontró información de planos estructurales de obra construida, por ende en este diagnóstico se observan las diferentes patologías identificadas y las acciones a tener en cuenta para su buen funcionamiento estructural. Las estructuras fueron construidas con antelación a la actual norma sismo resistente NSR-10 en donde se establecen las recomendaciones de diseño y construcción para estructuras ambientales

que en normas anteriores no se presentaban ni aplicaban, y que básicamente se encaminan a requisitos de durabilidad y protección del acero de refuerzo, por ello no es requisito que estructuras como la PTAP, diseñadas y construidas con antelación a la NSR-10, sean reforzadas para cumplir dichos requisitos, más exigentes. De allí se puede extraer la importancia de los requisitos de durabilidad del concreto, que para el caso de la PTAP es posible mejorar con las acciones de limpieza, reparaciones locales y tratamientos de impermeabilización.

En general se encontraron fallas locales y superficiales en las diferentes estructuras que constituyen la PTAP que no comprometen su estabilidad estructural siempre y cuando se realicen las reparaciones locales y superficiales en los distintos elementos que presentan problemas.

Se presentan algunas zonas específicas superficiales de concretos con alta presencia de humedad y fisuras con filtraciones de agua, en donde se deberá realizar el tratamiento superficial adecuado, como limpieza, remoción de recubrimiento, tratamientos puntuales de limpieza de acero de refuerzo con posibles oxidaciones y aplicación de capa de recubrimiento con la debida impermeabilización para garantizar la durabilidad y permanencia de la estructura a lo largo de su vida útil.

4.7 Diagnóstico del Almacenamiento

La planta de tratamiento cuenta con dos tanques de agua, con capacidades de ochocientos 800 m³ y de mil doscientos 1200 m³. El más pequeño tiene deterioradas las ventilaciones y por lo tanto, el agua almacenada es expuesta a contaminación por agentes externos.

4.7.1 Cálculo de la Capacidad de Almacenamiento

Para establecer si este volumen de almacenamiento actual es suficiente, bajo los parámetros de la reglamentación, se calcularon las necesidades de almacenamiento por los diferentes métodos sugeridos por el RAS, B 9.4.6, teniendo en cuenta la población y los caudales máximos diarios para el presente año (2013). De este modo, el volumen almacenado será el mayor volumen resultante entre los métodos de cálculo.

“El volumen almacenado será igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo” (RAS 2000). Por lo tanto, con una población total de 26752, una dotación neta de 135 l/hab-día y unas pérdidas máximas del 65% y los consumos estimados de uso comercial e institucional se obtiene un Caudal Máximo Diario de 153.2 l/s, según se observa en la Tabla 22:

$$\text{Vol} = 86.4 * \frac{QMD}{3} = 86.4 * \frac{153.2}{3} = 4412.16\text{m}^3$$

Esta capacidad actual requerida corresponde las condiciones de consumo actual sin tener en cuenta la dotación ni las pérdidas de agua establecidos para el horizonte de diseño en la Resolución 2320 de noviembre de 2009.

Por otra parte, considerando unas pérdidas técnicas del 25% ajustándose a la mencionada Resolución y los consumos institucional y comercial al horizonte de diseño, año 2038, el volumen requerido es:

$$\text{Vol} = 86.4 * \frac{QMD}{3} = 86.4 * \frac{116}{3} = 33.41\text{m}^3$$

Donde, QMD igual a 116 l/s corresponde al caudal en el día máximo de consumo del año 2038, cuyo valor fue obtenido en la Tabla 22 Caudales de Diseño.

Así mismo, analizando el volumen necesario a partir de criterio del volumen requerido contra incendio se tiene que el “Volumen destinado a la protección contra incendios, considerando una duración de incendio de 2 horas” (RAS 2000) es el siguiente, en donde P es el número de habitantes de la población.

$$Q_{in} = \frac{3.86}{60} \sqrt{\frac{P}{1000}} \cdot (1 - 0.01 \sqrt{\frac{P}{1000}})$$

$$Q_{in} = 0.31 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\text{Vol} = \text{Qin} * \text{Tduracion} = 2232\text{m}^3$$

Descartando el cálculo hecho para la situación actual, el volumen de almacenamiento mínimo para cumplir con los lineamientos del RAS debería ser de 3341m^3 . El volumen disponible de almacenamiento actual de 2000m^3 , es insuficiente para cumplir con los requisitos de almacenamiento exigidos por el RAS 2000. (Artículo 99).

Al ajustar las pérdidas al 25% (Resolución 2320 del 27 de Noviembre de 2009) y optimizar el funcionamiento del sistema de acueducto en el corto plazo, se establece un volumen requerido de almacenamiento de 3341m^3 , teniéndose un déficit de 1341m^3 , en términos prácticos 1400m^3 .

Concesiones de Agua: Es la licencia otorgada por la autoridad ambiental para el uso y aprovechamiento óptimo del recurso hídrico que se capte de fuentes superficiales como ríos, quebradas, arroyos, nacimientos, acequias, o de fuentes subterráneas como pozos profundos, bien sea para uso doméstico, agrícola, pecuario, riego, industrial y generación de energía, teniendo en cuenta las condiciones técnicas de disponibilidad, demanda y propósito del recurso.

La fuente de abastecimiento de agua para el acueducto es el Río Sororia, se presentan una serie de usos entre los cuales se destacan en mayor escala el consumo humano. La distribución se realiza de manera arbitraria por parte de las personas que utilizan el agua de esa fuente.

La concesión de agua para el Río Sororia, se encuentra otorgada. A continuación se anexa la resolución expedida por Corpocesar:

4.8 Estrategias para Ahorro y uso Eficiente del Agua

La administración y el personal del acueducto tendrán que elaborar un calendario para habilitar las medidas de reducción de consumo de agua. Esto debe incluir a los distintos componentes del programa del uso eficiente del agua.

Tabla 50.

Programas del uso y ahorro eficiente del agua

PROGRAMA	ALCANCE	JUSTIFICACION
Conservación y protección de nacimientos y zonas estratégicas.	Reforestación de la fuente hídrica abastecedora del acueducto.	El problema que afronta la fuente hídrica abastecedora del acueducto de La Jagua de Ibirico denominado río Sororia, tiene que ver con la disminución gradual del recurso hídrico, este recurso se deteriora, por ende se debe proteger, conservar y recuperar esta Fuente, con el fin de dar perpetuidad al recurso aguas abajo por medio de la cobertura forestal permanente.
Protección de microcuencas	Compra de predios en áreas estratégicas y fuentes abastecedoras de agua.	El Municipio de La Jagua no ha desarrollado proyectos para lograr la conservación y protección de áreas de nacimientos y zonas de protección, este tema no ha recibido el interés que se merece, por lo que se hace urgente la aplicación de proyectos encaminados a compra de predios destinados a la protección de la cuenca hídrica.
Implementación y mejoramiento de redes y plantas de tratamiento.	Reemplazo de tubería de AC a PVC.	Algunas de los tramos de la tubería de la red de distribución son obsoletas debido al material, años de instalación, esto genera pérdidas de caudal, por lo que se requiere su reemplazo a tubería PVC.
Implementación y mejoramiento de redes y plantas de tratamiento.	Implementación sistema de desinfección del Acueducto adecuado establecido por el (RAS 2000).	El acueducto municipal no cuenta con un sistema de desinfección adecuado, lo cual afecta la calidad del agua, originando como consecuencia la generación de enfermedades a los habitantes del municipio.
Programa de educación a los usuarios	Que la empresa se encargue de realizar actividades a los usuarios (escuelas, entidades)	Realizar talleres, a los usuarios y en los centros educativos.

Fuente: pasante

4.9 Estimación del Caudal por el Método de Flotadores

Muestras	Fecha Día/mes/año	Hora			Trabajo de campo				Trabajo de oficina			
		Inicio	final	Tiempo	Distancia recorrida por el flotador	Profundidad promedio	Ancho del río (m)	Vsuperficial	Vmedia	AREA (m ²)	CAUDAL (m ³ /s)	
(1) 500m arriba de la captación	12/09/2016	7:30am	7:46am	15.68s	10m	0.33m	13.5m	0.64m/s	0.544m/s	4.46m ²	2.426m ³ /s	
(2) 200m arriba de la captación	12/09/2016	7:50am	7:58am	14.43s	10m	0.30m	13.55m	0,69m/s	0.59m/s	4.06m ²	2.398m ³ /s	
(3) Bocatoma	12/09/2016	8:00am	8:15am	15.36s	10m	0.28m	14.3m	0.65m/s	0.55m/s	4.15m ²	2.281m ³ /s	
(4) 200m abajo de la captación	12/09/2016	8:20am	8:30am	7.29s	10m	0.20m	7.3m	1.37m/s	1.165m/s	1.46m ²	2.131m ³ /s	
(5) 500m abajo de la captación	12/09/2016	8:35am	8:44am	9.47s	10m	0.19m	19.8m	1.06m/s	0.89m/s	3.76m ²	3.348m ³ /s	

Figura 24 Formato de Caudales

Fuente. Pasante

Tabla 51.

Caudales PTAP

	ENTIDADES	CAUDAL (Q)
CAUDAL QUE INGRESA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO	Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT)	119l/s
	Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR)	106.96l/s
	Planta de Tratamiento de agua Potable (PTAP)	99l/s

Fuente. Pasante

Capítulo 5. Conclusiones

Con la infraestructura actual y la dotación que establece la normatividad vigente, el municipio no es capaz de prestar un buen servicio de agua potable.

Los tanques de almacenamiento existentes no tienen la capacidad de reserva suficiente agua.

Es importante que el municipio cuente con macromedidores de caudal que registren de manera continua la demanda de agua de la red, lo cual permite conocer el comportamiento y verdadero consumo que la población tiene del recurso hídrico.

Además de macromedidores de caudal, se debe instrumentar el municipio con micromedición para poder calcular el índice de agua no contabilizada (IANC) y poder generar políticas en pro de disminuir el desperdicio de agua dentro de la red.

Los caudales pasan de mayor a menor, debido a que la sustracción del líquido por parte de los agricultores ha venido afectando considerablemente el caudal que ingresa a la PTAP.

Recomendaciones

Se recomienda optimizar los tramos internos necesarios, para esto se deben cambiar las tuberías existentes de AC por PVC.

Se debe construir un nuevo tanque de almacenamiento para suplir las deficiencias evidenciadas de regulación y reserva.

Se deben instalar los hidrantes suficientes para abarcar la totalidad del casco urbano.

Se deben independizar las tuberías de entrada y salida de los tanques de almacenamiento para que estos funcionen en paralelo y no en serie como ocurre en la actualidad.

Se deben instalar macromedidores de caudal que permitan el registro de manera continua la demanda de agua de la red.

Se deben instalar micromedidores para poder calcular el índice de agua no contabilizada (IANC) como medida esencial para disminuir el desperdicio de agua dentro de la red.

Referencias

<http://www.dane.gov.co/>

http://www.lajaguadeibirico-cesar.gov.co/informacion_general.shtml

<https://www.google.com/maps/@9.6819311,-73.3330649,784m/data=!3m1!1e3>

<http://www.gosur.com/map/?awid=219755556&satellite=1&gclid=CI-bp8DW8dACFU4dgQodAcsFgw#>

<http://www.scielo.org.co/pdf/esju/v11n1/v11n1a5.pdf>

<http://www.minvivienda.gov.co/MaterialDidacticoAgua/Cartilla%20Uso%20Eficiente%20y%20Ahorro%20de%20Agua.pdf>

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/ahorroguia.pdf>

<http://www.corpocesar.gov.co/orga.html>

http://www.umng.edu.co/documents/10162/1299317/ART_21.pdf

http://www.colmayor.edu.co/archivos/payuea_iu_colegio_mayor_de_ant_hdjm3.pdf

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/trabajo%20de%20grado%20gerencia%20ambiental%20camilo%20zambrano%20contreras.pdf>

http://www.esap.edu.co/portal/download/plan_ambiental/5.Programa-de-Uso-Eficiente-y-Ahorro-de-Agua-PUEEA.pdf

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/trabajo%20de%20grado%20gerencia%20ambiental%20camilo%20zambrano%20contreras.pdf>

https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_lagunilla/matriz_dofa_lagunilla.pdf

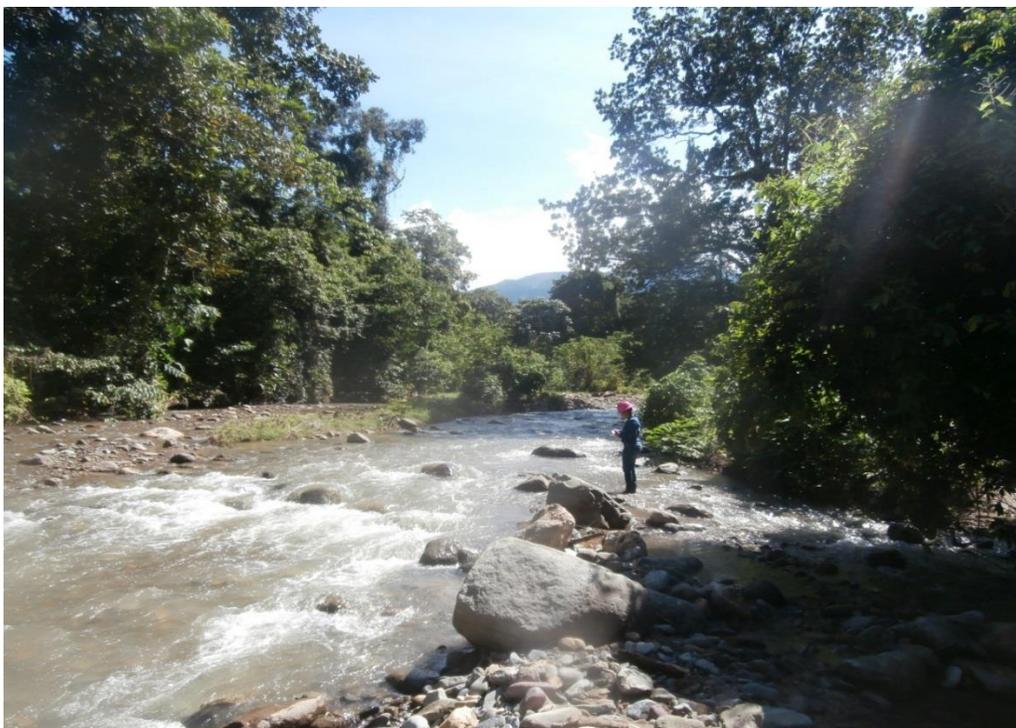
[file:///C:/Users/Vanessa/Downloads/Manual_gestion_ambiental%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Vanessa/Downloads/Manual_gestion_ambiental%20(1).pdf)

Apéndice

Apéndice A. Fotografías



Fotografía 18: Realización del aforo



Fotografía 19: Toma de mediciones del aforo



Fotografía 20: Demarcando las medidas para realizar el aforo



Fotografía 21: Atravesando el río Sororia, para las mediciones del aforo



Fotografía 22: En la espera del flotador



Fotografía 23: Tomando datos



Fotografía 24: Toma de coordenadas

Apéndice B. Permiso Concesión de Aguas

Corporación Autónoma Regional del Cesar
CORPOCESAR



DIRECCION GENERAL

RESOLUCION No **1314** 12 OCT 2010

"Por medio de la cual se modifican las concesiones hídricas de diversos Municipios y/o Empresas Prestadoras del Servicio de Acueducto y se adoptan otras decisiones".

El Director General de la Corporación Autónoma Regional del Cesar "CORPOCESAR" en ejercicio de sus facultades legales y estatutarias, en especial de las conferidas por la ley 99 de 1993 y

CONSIDERANDO

Que mediante Resolución No 864 de fecha 18 de octubre de 2005 modificada parcialmente por Acto Administrativo No 048 del 27 de enero de 2006, Corpocesar adoptó decisión en torno a las concesiones hídricas de diversos municipios y/o empresas prestadoras del servicio de acueducto.

Que en fechas 5 y 25 de marzo de 2008, la doctora CLAUDIA MARIA BUITRAGO RESTREPO identificada con la CC No 30.271.963 y T.P No 47.441 del C.S de la J., obrando en calidad de Directora General del Programa Cesar Agua Pa Todos presentó solicitud de ampliación y traspaso de concesiones hídricas para los municipios del departamento del Cesar. En virtud de ello, la Dirección General de Corpocesar a través de oficio DG-00-0281 del 9 de abril de 2008 comunicó lo siguiente a la peticionaria:

" En atención a su solicitud de ampliación y traspaso de concesiones hídricas para diversos municipios y/o empresas prestadoras de servicio público en el departamento, me permito recordarle que no se ha dado cumplimiento a lo dispuesto el Artículo 28 del Decreto 1575 del 9 de mayo de 2007, el cual es del siguiente tenor: : " Para efectos de la expedición o renovación de las concesiones de agua para consumo humano, el interesado, antes de acudir a la autoridad ambiental competente, deberá obtener la correspondiente autorización sanitaria favorable, (subrayas fuera de texto) la cual será enviada por la misma autoridad sanitaria a la autoridad ambiental que corresponda, para continuar con los trámites de concesión.

Para obtener la correspondiente autorización sanitaria favorable, el interesado debe presentar ante la autoridad sanitaria departamental competente la caracterización del agua que se va a utilizar para consumo humano y el sistema de tratamiento propuesto, de acuerdo con la Resolución 1096 de 2000 del Ministerio de Desarrollo Económico o la que la modifique, adicione o sustituya, el Mapa de Riesgo y lo dispuesto en el Decreto 1594 de 1984 o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.

*En este caso, la autoridad sanitaria departamental se hará cargo de la expedición de la autorización sanitaria respectiva para todos los municipios de su jurisdicción, independientemente de su categoría. **Parágrafo.** La autoridad*



Cicero 9 No 9-85- Valledupar
Teléfono: 5737833 - Fax 3757188

Acto B Resolución Concesiones Municipios

Corporación Autónoma Regional del Cesar
CORPOCESAR



Continuación Resolución No 133 de 14 de OCT 2010 por medio de la cual se modifican las concesiones hídricas de diversos Municipios y/o Empresas Prestadoras del Servicio de Acueducto y se adoptan otras decisiones.

sanitaria departamental o distrital, se pronunciará con respecto a la autorización previa a la concesión, dentro de los treinta (30) días siguientes a la fecha del recibo completo de la información.

De igual manera se debe remitir copia del documento que acredite su calidad de Directora General del programa y de los documentos que acrediten la entidad de Alcaldes Municipales de sus poderdantes”.

Que el día 9 de mayo del año 2008 la doctora CLAUDIA MARIA BUITRAGO RESTREPO presentó a la Corporación los documentos que acreditaban su calidad de Directora General del Programa Cesar Agua Pa' Todos y diversos poderes para actuar en este proceso. Pese a ello es menester indicar que la documentación allegada no permitía iniciar el trámite administrativo, razón por la cual la Corporación expidió el Auto No 035 del 12 de junio de 2008 a través del cual la Coordinación de la Sub Área Jurídica Ambiental requirió el aporte de documentación e información complementaria. En el referido Auto se planteó lo siguiente:

“ La Doctora CLAUDIA MARIA BUITRAGO RESTREPO, presentó a Corpopcesar el memorial referenciado como “solicitud ampliación y traspaso de concesiones hídricas”, acompañado de documentación referente a la ampliación y traspaso de la concesión de aguas, que hoy poseen diversos municipios y/o empresas prestadoras del servicio de acueducto en el departamento, solicitando “el inicio del respectivo trámite”.

Al escrito en citas se adjunta el oficio suscrito por los señores ALFONSO PALACIO NIÑO identificado con la CC No 5.645.982 (Alcalde Municipal de La Jagua de Ibérico), MARIA SUGEY MARIN REMATOSA portadora de la CC No 37.726.782 (Gerente de EMPOSANAL), MARIO ENRIQUE DIAZ SANCHEZ con CC No 1.102.348.151(Gerente de ACPES), VICENTE ARIAS FONSECA portador de la CC No 5.008.129 (Gerente de ACUACHIM), JULIA XIMENA PALACIOS PINO identificada con la CC No 63.523.507(Gerente de EMPOGAMARRA), MILENA RAMIREZ MOSCOTE portadora de la CC No 36.516.619(Gerente de EMPAZ), BLADIMIR DUARTE ARZUAGA identificando con la CC No 77.193.499 (Gerente de EMPASO), GUSTAVO ADOLFO HERRERA ACOSTA portador de la CC No 18.903.586 (Gerente de EMCAR E.S.P), OLGER EDUARDO BENJUMEA identificado con la CC No 12.503.333(Gerente de EMSOPEL), BORIS PISCIOTTI GONZALEZ portador de la CC No 77.190.126 (Alcalde Municipal de Tamalameque), OSWALDO ALVAREZ AREVALO identificando con la CC No 18.919.188 (Gerente de EMSERPUPA), JAIME RESTREPO BARRERO identificando con la CC No 72.168.657(Gerente de EMCOPEY), ALIRIO ARROYO HOYOS portador de la CC No 5.044.137 (Gerente de EMPOGLORIA) y ELSY RUEDA ZAPARDIEL portadora de la CC No 26.561.749 (Alcaldesa Municipal de Rio de Oro), en el que se confiere poder especial, amplio y suficiente a la Gerencia del Programa de Transformación Estructural de la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento Básico en el Departamento del

Corporación Autónoma Regional del Cesar
CORPOCESAR



Continuación Resolución No. 1314 del 2 OCT 2010 por medio de la cual se modifican las concesiones hídricas de diversos Municipios y/o Empresas Prestadoras del Servicio de Acueducto y se adoptan otras decisiones.

Cesar, "encargo que será ejercido a través de la Directora General del Programa Doctora CLAUDIA MARIA BUITRAGO RESTREPO..." identificada con la CC No 30.271.963 y T.P. No 47.441 del C.S de la J, " para que en nombre y representación de los Municipios y empresas de servicios públicos que nosotros representamos , adelante hasta su terminación el trámite de ampliación concesión hídrica superficial y/o subterránea ante la Corporación Autónoma Regional..." (Subrayas del despacho).

Frente a lo anterior es conveniente precisar lo siguiente:

1. En el poder allegado a la entidad no quedó expresamente comprendido el trámite del traspaso anunciado en la solicitud.
2. El poder conferido por MARIA SUGEY MARIN REMATOSA (Gerente de EMPOSANAL) y JAIME RESTREPO BARRERO (Gerente de EMCOPEY), carece de nota de presentación personal, razón por la cual no podría habilitarse a la doctora BUITRAGO RESTREPO como apoderada de estos dos memorialistas. De igual manera cabe indicar que respecto a EMPOSANAL no se allegó documentación soporte de la petición (formulario de solicitud, planos, descripción de obras etc).
3. Mediante memorial independiente, el señor MARIO ENRIQUE DIAZ SANCHEZ con CC No 1.102.348.151(Gerente de ACPES), limitó el poder inicialmente conferido, señalando que comprende única y exclusivamente el trámite de la ampliación de la concesión, agregando el "retiro" del poder otorgado para el traspaso. Señala además el citado señor al referirse al poder inicial, que "el documento carece de claridad con respecto a los traspasos de la concesión hídrica de ACPES E.S.P al municipio de San Martín, en cuanto a que no se nos ilustró de las razones por las cuales son necesarios los mismos traspasos..."
4. Se hace necesario que las empresas peticionarias aporten sus correspondientes documentos de existencia y representación legal, con fecha de expedición no superior a tres meses.
5. En fecha 9 de abril del año en curso (oficio DG-00-0283) la Corporación informó a la peticionaria la necesidad de dar cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 28 del Decreto 1575 de 2007. A la fecha no se ha allegado a Corpoesar, ningún documento que acredite que se inició o se adelanta ante la autoridad sanitaria departamental, la gestión pertinente para obtener la autorización sanitaria exigida en dicha norma".

Que a través del Auto anteriormente citado, se efectuó el siguiente requerimiento informativo:

* Requerir a la Gerencia del Programa de Transformación Estructural de la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento Básico en el Departamento del Cesar, a través de la Directora General Doctora CLAUDIA MARIA BUITRAGO RESTREPO identificada con la CC No 30.271.963 y T.P. No 47.441 del C.S de la J, para el aporte de la siguiente documentación e información complementarias, a fin de tramitar la solicitud de ampliación y

(P)

Carrera 9 No 9-38- Vallejojar
Teléfonos 5737813 -Fax 5737181

Corporación Autónoma Regional del Cesar
CORPOCESAR

5



Contratación Resolución No **1314** del **12 OCT 2010** por medio de la cual se modifican las concesiones hídricas de diversos Municipios y Empresas Prestadoras del Servicio de Acueducto y se adoptan otras decisiones.

EMPOGLORIA), JAIME FRANCISCO RESTREPO BARRERA identificado con la CC No 72.168.657 (Gerente de EMCOPEY E.S.P.), BLADIMIR DUARTE ARZUAGA identificado con la CC No 77.191.499 (Gerente de EMPASO), OSVALDO ALVAREZ AREVALO identificado con la CC No 18.919.188 (Gerente de EMSERPUPA), BORIS PISCIOTTI GONZALEZ portador de la CC No 77.190.126 (Alcalde Municipal de Tamalameque), RAFAEL CRUZ CASADO portador de la CC No 91.510.581 (Alcalde Municipal de Gamarra), otorgaron poder especial, amplio y suficiente a la Gerencia del Programa de Transformación Estructural de la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento Básico en el Departamento del Cesar, "encargo que será ejercido a través de la Directora General del Programa Doctora CLAUDIA MARIA BUITRAGO RESTREPO..." identificada con la CC No 30.271.963 y T.P. No 47.441 del C.S de la J, "para que en nombre y representación de los Municipios y empresas de servicios públicos que nosotros representamos, adelante hasta su terminación el trámite de ampliación, traspaso y/o consecución de concesión hídrica superficial y/o subterránea ante la Corporación Autónoma Regional..."

Que por Auto No 083 del 9 de octubre de 2008 la Coordinación de la Sub Área Jurídica Ambiental de Corpocesar inició el trámite administrativo ambiental correspondiente a la solicitud de ampliación y/o traspaso de concesión hídrica, presentada por EMSOPEL E.S.P, ACUACHIM, el Municipio de La Jagua de Ibirico, EMPOSANAL S.A, E.S.P, el Municipio de Río de Oro, EMPAZ, EMPOGLORIA, EMCOPEY, EMPASO, EMSERPUPA E.S.P, el Municipio de Tamalameque, y el Municipio de Gamarra-Cesar. De igual manera se inició el trámite administrativo ambiental correspondiente a la solicitud de ampliación de concesión hídrica presentada por ACPES E.S.P.

Que la Corporación ordenó practicar diligencia de inspección técnica en los municipios de Pelayo, Chimichagua, La Jagua de Ibirico, San Alberto, Río de Oro, La Paz, La Gloria, El Copey, El Paso, Pailitas, Tamalameque, Gamarra y San Martín (Cesar), con el fin de verificar todos los aspectos técnicos concernientes a sus respectivas solicitudes (ampliación y/o traspaso de la concesión hídrica que abastece el acueducto de dichas municipalidades).

Que a través del Auto en comento se reconoció personería a la doctora CLAUDIA MARIA BUITRAGO RESTREPO identificada con la CC No 30.271.963 y T.P. No 47.441 del C.S de la J, para ejercer en este asunto y en los términos del poder conferido, la representación procesal de EMSOPEL E.S.P, ACUACHIM, el Municipio de La Jagua de Ibirico, EMPOSANAL S.A, E.S.P, el Municipio de Río de Oro, EMPAZ, EMPOGLORIA, EMCOPEY, EMPASO, EMSERPUPA E.S.P, el Municipio de Tamalameque, el Municipio de Gamarra y ACPES E.S.P.

Que se dio cumplimiento a los requisitos de la fijación de los avisos correspondientes, en las secretarías municipales de La Jagua de Ibirico, Pailitas, La Gloria, Tamalameque, Pelayo, Gamarra, Río de Oro, San Martín, San Alberto, Chimichagua, El Paso, El Copey, La Paz y Corpocesar en Valledupar y Oficina Seccional en Agrachica. De igual manera se procedió a la difusión radial, todo conforme a lo ordenado en el Artículo 57 del Decreto 1541 de 1978.

Carrera 9 No 9-48- Valledupar
Teléfono: 5737811 - Fax 5737181

Auto D/Resolución Concesiones Municipales



Continuación Resolución No. **1314** del **12 OCT 2010** por medio de la cual se modifican las concesiones hídricas de diversos Municipios y/o Empresas Prestadoras del Servicio de Acueducto y se adoptan otras decisiones.

Que como producto de lo observado en las diligencias de inspección practicadas durante los días comprendidos entre el 4 y el 16 de noviembre inclusive de 2008, el día 18 de noviembre de 2008, los funcionarios evaluadores procedieron a requerir información técnica complementaria, la cual se allegó en fechas 16 y 23 de enero de 2009. La documentación aportada ameritó la realización de una reunión técnica aclaratoria la cual se realizó el 5 de marzo de 2009, con la consecucional entrega de información y documentación complementaria en fecha 6 de mayo del año en citas.

Que mediante oficio DG -00-0983 del 4 de marzo de 2009, este despacho informó a la Dirección General de CORPONOR, que la captación hídrica del acueducto del municipio de San Alberto, se realiza en jurisdicción del departamento del Cesar mediante captación de fondo y la conducción se produce mediante tubería de 14" de diámetro, a través de un predio ubicado en jurisdicción de Norte de Santander. En virtud de ello y aunque se solicitó establecer de manera conjunta el accionar institucional frente a la situación expuesta, no se obtuvo respuesta por parte de la hermana Corporación.

Que mediante oficio fechado el 28 de julio de 2009 la Directora General del PDA Cesar, doctora CLAUDIA MARIA BUITRAGO RESTREPO allegó a la entidad Autorizaciones Sanitarias suscritas por el Secretario de Salud Departamental EFRAIN HERNANDO CABELLO y la Coordinadora de Seguridad Sanitaria y Ambiental de la Secretaría de Salud Departamental MELBA CADAVID ARANGO, en torno a las concesiones hídricas de los municipios de La Jagua de Ibírico, Pailitas, La Gloria, Tamalameque, Pelaya, Gamarra, Río de Oro, San Martín, San Alberto, Chimichagua, El Paso y La Paz Cesar. No se aportó Autorización Sanitaria respecto a la concesión hídrica del Municipio de El Cepey.

Que en fechas 25 de agosto y 1 de septiembre de 2009 se aportó a Corpocesar la tabla de cálculo de caudales y proyección de población para cada año del horizonte de diseño.

Que el 27 de octubre de 2009, este despacho ofició así a la doctora CLAUDIA MARIA BUITRAGO RESTREPO Directora del Programa Cesar Agua Pa' Todos:

"Es de su conocimiento que mediante Auto No 083 de fecha 6 de octubre de 2008, se inició el trámite administrativo ambiental correspondiente a la solicitud de ampliación y/o traspaso de concesión hídrica, presentada por EMSOPEL E.S.P, ACUACHIM, el Municipio de La Jagua de Ibírico, EMPOSANAL S.A. E.S.P, el Municipio de Río de Oro, EMPAZ, EMPOGLORIA, EMCOPEY, EMPASO, EMSERPUPA E.S.P, el Municipio de Tamalameque, y el Municipio de Gamarra- Cesar. De igual manera se inició el trámite administrativo ambiental correspondiente a la solicitud de ampliación de concesión hídrica, presentada por ACPES E.S.P.

En tal virtud y teniendo en cuenta que en el Artículo Cuarto se ordenó fijar aviso informativo de las solicitudes en las personerías municipales, sírvase aportar la correspondiente certificación en torno a esta actividad, con el fin de concluir el proceso".

Corporación Autónoma Regional del Cesar
CORPOCESAR



Continuación Resolución No **1314** de **22** OCT 2010 por medio de la cual se modifican las concesiones hídricas de diversos Municipios y/o Empresas Prestadoras del Servicio de Acueducto y se adoptan otras decisiones.

Que al no obtenerse respuesta frente al oficio anterior, la Corporación expidió el oficio DG-00-0060 del 1 de febrero de 2010, en el cual se planteó lo siguiente a la Gerencia de la empresa AGUAS DEL CESAR E.S.P:

" Mediante Auto No 083 del 6 de octubre de 2008, Corpocesar inició el trámite administrativo ambiental correspondiente a la solicitud de ampliación de concesión hídrica presentada por ACPES E.S.P, y las solicitudes de ampliación y/o traspaso de concesión de aguas presentadas por EMSOPEL E.S.P, ACUACHIM, EMPOSANAL S.A.E.S.P, EMPAZ, EMPOGLORIA, EMCOPEY, EMPASO, EMSERPUPA E.S.P y los Municipios de Tamalameque, Gamarrá, La Jagua de Hirten y Río de Oro.

En la citada actuación, los representantes legales de las entidades territoriales y empresas mencionadas otorgaron "poder especial, amplio y suficiente a la Gerencia del Programa de Transformación Estructural de la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento Básico en el Departamento del Cesar, encargo que será ejercido a través de la Directora General del Programa, doctora CLAUDIA MARIA BUTRAGO RESTREPO....", para adelantar hasta su terminación el trámite correspondiente.

En virtud de ello y con el fin de concluir este proceso, mediante oficio DG-00-0985 de fecha 27 de octubre de 2009 cuya copia adjunto, la Corporación se dirigió a la Directora del Programa "Cesar Agua Pa' Todos", requiriéndole allegar la correspondiente certificación o constancia de publicación de los avisos informativos de solicitud que debieron fijarse en las Personerías Municipales, para cumplimiento de lo ordenado en el auto supra-dicho.

Por lo anterior y toda vez que a la fecha no se ha obtenido ninguna respuesta frente a lo requerido, comedidamente solicito a usted en su calidad de representante legal de la empresa AGUAS DEL CESAR S. A. E. S P., y si ello está dentro del ámbito de su competencia, se informe a este despacho dentro de los cinco (5) días siguientes al recibo de la comunicación, si en los archivos de la empresa existen o constan las certificaciones citadas con el fin de aportarlas al proceso en curso. En caso negativo, la Corporación procederá a ordenar la fijación de nuevos avisos".

Que a través del oficio CE-G-SG 403 del 8 de febrero del año en curso, la doctora MARIA FERNANDA BOTERO CASTRO en su calidad de Gerente de la empresa AGUAS DEL CESAR E.S.P., informó que "en el mes de noviembre de 2009 a través del equipo de apoyo institucional, solicitamos y verificamos en las diferentes personerías y alcaldías municipales sobre el mencionado trámite y no encontramos documentación alguna que orientara a los personeros a publicar avisos informativos. De la misma manera le informamos que verificando en nuestros archivos, no reposa certificación alguna al

Ciudad No 9-81- Valledupar
Teléfono 5737813 - Fax 5737181



1314

2 OCT 2018

Continuación Resolución No. 1314 del 2 OCT 2018 por medio de la cual se modifican las concesiones hídricas de diversos Municipios y/o Empresas Prestadoras del Servicio de Acueducto y se adoptan otras decisiones.

respecto. Aprovechamos entonces para manifestarle que estamos atentos a prestar el apoyo que requiera la Corporación en la coordinación de las acciones que se requieran en este caso o cualquier otro trámite relacionado con las ejecuciones de saneamiento, alcantarillado, uso y saneamiento hídrico en el departamento del Cesar.

Que de conformidad con lo dispuesto en el artículo cuarto del Auto de inicio de trámite, la peticionaria debió (entre otras actividades) fijar aviso informativo de las solicitudes, en las Oficinas de las Personerías Municipales correspondientes, lo cual no acreditó. En virtud de ello y teniendo en cuenta que no es legalmente posible concluir el proceso sin que se haya acreditado la difusión de los avisos informativos, se procedió a ordenar nueva fijación de éstos a través del Auto No. 021 del 26 de febrero de 2010 emanado de la Coordinación de la Sub Área Jurídica Ambiental. Para tal fin se acudió al amparo del artículo 3 del CCA, recordando que las actuaciones administrativas deben desarrollarse con arreglo a diferentes principios como el de eficiencia, en virtud del cual los procedimientos deben lograr su finalidad, removiendo de oficio los obstáculos puramente formales y evitando decisiones inhibitorias.

Que el 20 de agosto de 2010 se recibió la constancia de publicación en la personería de San Martín Cesar.

Que el 3 de septiembre del año en curso, la Gerente General del AGUAS DEL CESAR S.A.E.S.P. remitió a Corpoesar, las constancias de publicación en las Personerías Municipales de Chimichagua, El Copey, Gasparra, la Gloria, la Jagua de Ibirico, la Paz, Pailitas, Pelaya, Río de Oro, San Alberto, y Tomalameque. La constancia de publicación en la personería de El Paso se allegó el 24 de septiembre de la actualidad cursante.

Que los informes resultantes de la actividad de evaluación, cuentan con el aval de la Subdirección General del Área de Gestión Ambiental y de ellos se extrae lo siguiente:

- " Teniendo en cuenta las consideraciones realizadas para la proyección de la demanda de agua para abastecimiento de la población y, además, por necesidades administrativas, se considera factible dividir el horizonte de diseño en periodos de cinco (5) años, esengiendo el caudal del último año de cada periodo como el caudal a concesionar en dicho periodo, tal como se ilustra en los siguientes cuadros.
- De manera general, se tiene en cuenta que en la actualidad existen concesiones otorgadas mediante la Resolución 864 del 18 de octubre de 2005, y la Resolución 048 del 27 de enero de 2006. Estas concesiones están vigentes hasta el 31 de diciembre de 2015 (sic), y por lo tanto se conceptúa que deben mantenerse hasta el término de su vigencia.
- Para el municipio de El Copey, la concesión se otorgó mediante la Resolución 001 del 01 de Diciembre de 2002 y la Resolución 001 del 06 de abril de 2004, las cuales son reglamentarias del uso de las aguas del río Ariguani, en las que se además (sic) liberó un caudal de 195.3 l/seg en invierno y 200.6 l/seg en verano para (sic) exclusivamente para consumo humano, colectivo o comunitario urbano o rural.

Carrera 9 No 9-43- Vallelagos
Teléfonos 5737413 - Fax 5737111

Corporación Autónoma Regional del Cauca
CORPOCESAR



Continuación Resolución No. 1314 del 2 OCT 2010 por medio de la cual se modifican las concesiones hídricas de diversos Municipios y/o Empresas Prestadoras del Servicio de Acueducto y se adoptan otras decisiones.

- Para los caudales a otorgar se tuvo en cuenta la serie de proyecciones realizadas por el peticionario, el cual aplicó el procedimiento señalado en el RAS-2000 además de considerar la reducción de pérdidas en la distribución o entrega del recurso hídrico a los diversos usuarios de las áreas urbanas (aumento de eficiencia en la operación del acueducto) por lo que en algunos casos, a pesar de tenerse aumento en la población a atender, con el paso del tiempo se reduce caudal a demandar.

1. La Laguna de Ibiricu (concesión actual 99 l/s)

Cuadro 1. Caudal requerido y a concesionar por periodo

PERIODO	Población proyectada al final del periodo	Caudal requerido (l/s)
Hasta el 31 de diciembre de 2015		99
2016 - 2020	26900	106,96
2021 - 2025	31601	116,58
2026 - 2030	37200	130,84
2031 - 2032	39652	143,80

La concesión se debe otorgar hasta el año 2032 de conformidad con lo consignado en el cuadro 1. A manera de ejemplo, para el periodo comprendido del 2016 al 2020 el caudal a concesionar es de 106,96 l/s y así sucesivamente.

2. Pallitas (concesión actual 60 l/s)

Cuadro 2. Caudal requerido y a concesionar por periodo

PERIODO	Población proyectada al final del periodo	Caudal requerido (l/s)
Hasta el 31 de diciembre de 2015		60
2016 - 2020	22274	95,59
2021 - 2025	23853	94,50
2026 - 2030	25545	93,97
2031 - 2034	27793	96,58

La concesión se debe otorgar hasta el año 2034 de conformidad con lo consignado en el cuadro 2. A manera de ejemplo, para el periodo comprendido del 2016 al 2020 el caudal a concesionar es de 95,59 l/s y así sucesivamente.

3. La Gloria (concesión actual 17 l/s)

Cuadro 3. Caudal requerido y a concesionar por periodo

(P)

Carrera 9 No 9-88, Villalobos
Teléfono 5737815 - Fax 5737181

Apéndice C. Visitas Técnicas

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN GESTIÓN FINANCIERA FORMATO SOLICITUD ORDEN DE COMISIÓN	PCA-05-F-01
		VERSIÓN: 2.0
		FECHA: 01/03/2016

DE: RAUL EDUARDO SUAREZ PEÑA. Subdirector General Area de Gestión Ambiental

PARA: ALIX AGUAS. Profesional de Apoyo Seccional La jagua de Ibirico
VANESSA SALAZAR. Pasante Ing Ambiental Seccional La Jagua de Ibirico.

FECHA: OCTUBRE 24 DE 2016.

Sirvanse prestar acompañamiento durante el periodo comprendido del 25 al 29 de octubre de 2016, a los funcionarios de Parques Nacionales Naturales de Colombia, en el desarrollo de eventos de socialización a las comunidades de los Núcleos veredales de municipio de La Jagua de Ibirico Caño Adentro, San Antonio, Aracoraima, Manizales Alto y Caudaloso, en el marco del proceso de Ruta de Declaratoria de la Serranía del Perijá como Area Protegida, de acuerdo a la programación anexa.

PROGRAMA PAI 4. CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD

PROYECTO PAI 4.2 DECLARACION DE AREAS PROTEGIDAS Y OTRAS ESTRATEGIAS DE CONSERVACION.

Es menester programar el vehículo campero de esa seccional.

Cordialmente,


RAUL EDUARDO SUAREZ PEÑA.
 Subdirector General Area de Gestión Ambiental

Con-copia: Coordinador Seccional La Jagua
Subdirección general área administrativa y financiera

Proyectó: W. Márquez.

*Recibido
24 OCT 16*


	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN GESTIÓN FINANCIERA FORMATO SOLICITUD ORDEN DE COMISIÓN	PCA-05-F-01
		VERSIÓN: 2.0
		FECHA: 01/03/2016

DE: WILSON ROMAN MARQUEZ DAZA. *Profesional Universitario*

PARA: ALIX AGUAS. *Profesional de Apoyo Seccional La jagua de Ibirico*
VANESSA SALAZAR. *Pasante Ing Ambiental Seccional La Jagua de Ibirico.*

FECHA: NOVIEMBRE 21 DE 2016.

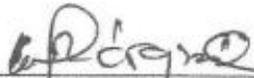
Por indicaciones del señor Subdirector General del Area de Gestión Ambiental sírvanse prestar acompañamiento durante el día 22 de noviembre de 2016, a los funcionarios de Parques Nacionales Naturales de Colombia, en el desarrollo de eventos de socialización a las comunidades del núcleo veredal Manizales Alto los Núcleos veredal, municipio de La Jagua de Ibirico, en el marco del proceso de Ruta de Declaratoria de la Serranía del Perijá como Area Protegida.

PROGRAMA PAI 4. CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD

PROYECTO PAI 4.2 DECLARACION DE AREAS PROTEGIDAS Y OTRAS ESTRATEGIAS DE CONSERVACION.

Es menester programar el vehiculo campero de esa seccional, para ese dia.

Cordialmente,


WILSON ROMAN MARQUEZ DAZA
 Coordinador Programa Áreas Protegidas

Copia a: Coordinador Seccional La Jagua